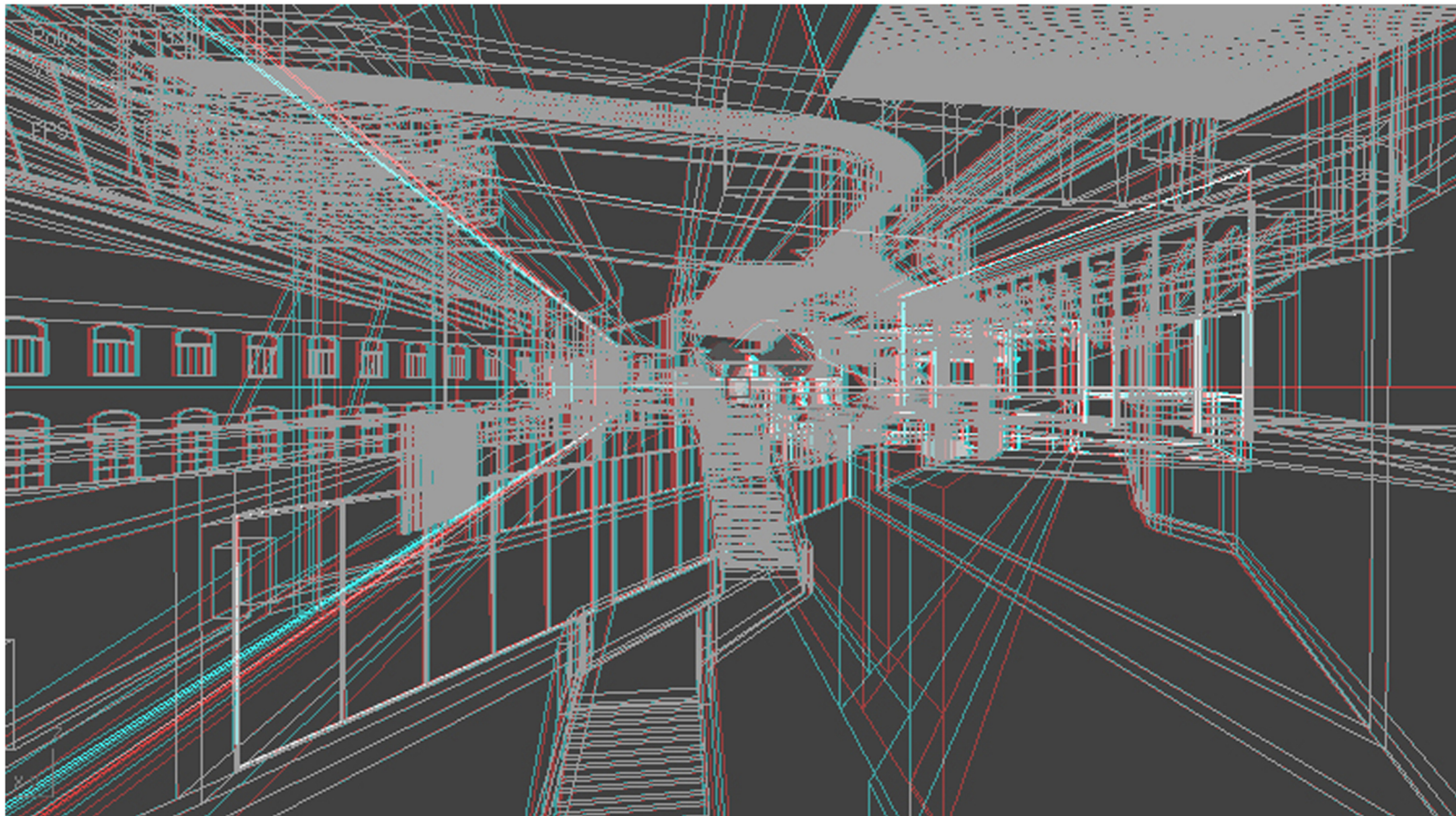


# **ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΗΓΗΣΗ ΣΕ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΧΩΡΟ: ΣΤΕΡΕΟΣΚΟΠΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΕ ΕΦΑΡΜΟΤΕΣ ΤΥΠΟΥ CAD**



**Διάλεξη. εργασία στα πλαίσια του μαθήματος του 9ου εξαμήνου, Σπουδάστριες: Σανταμούρη Ρένα, Τζωρτζάκη Μαρία  
Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Κουρνιατή Α.Μ., Γεωμετρικές απεικονίσεις, τομέας χώρων. Αθήνα Οκτώβριος 2012**

### Μαρία

Αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου της σχολής γραφικών τεχνών του ΤΕΙ Αθηνών, αλλά και του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Γραφικές Τέχνες και Πολυμέσα στο Ε.Α.Π., για τις γενικές και ειδικές γνώσεις που μου μετέδωσαν. Επίσης τους καθηγητές στην σχολή Αρχιτεκτόνων ΕΜΠ, ιδιαίτερα την κυρία Κουρνιατή που μας έδωσε τη δυνατότητα να ασχοληθούμε με την στερεοσκοπική εικόνα σε βάθος.

Τέλος ευχαριστώ από καρδιάς τη φίλη μου Μαρία Σαρρή, καθώς και τη φιλόλογο Όλγα Κουτεντάκη, όπως επίσης την οικογένεια μου που βοήθησε οικονομικά και ηθικά όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου. Επιπλέον ευχαριστώ όλους τους φίλους, Ιωάννα Τζωρτζάκη, Ελένη Μαμουλάκη, Άρη Κουτεντάκη, Ελένη Φθενού και πολλούς άλλους, που βοήθησαν με διάφορους τρόπους να φτάσει αυτή η εργασία στο τέλος της.

Φυσικά ευχαριστώ και την συνεργάτιδά μου Ρένα Σανταμούρη για την παράλληλη πορεία μας έως την επίτευξη του αρχικού μας στόχου.

### Ρένα

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές μας στην σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχ. ΕΜΠ όχι μόνο για τις γνώσεις περί αρχιτεκτονικής μελέτης και σχεδιασμού που μας μετέδωσαν, αλλά και για την καλλιέργεια μιας βαθιάς κριτικής σκέψης και αντίληψης απέναντι στη ζωή. Χωρίς την καθοδήγησή τους καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μας, η ολοκλήρωση της παρούσας μελέτης θα ήταν αδύνατη.

Ευχαριστώ ιδιαιτέρως την επιβλέπουσα καθηγήτριά μας Κα Α. Κουρνιατή, για την ευκαιρία που μας έδωσε, από τα πρώτα κιόλας έτη των σπουδών μας, μέσα από την σειρά των μαθημάτων των Γεωμετρικών Απεικονίσεων,

να ασχοληθούμε το ειδικό θέμα της στερεοσκοπίας. Επίσης, ευχαριστώ την Τίνα Μικρού και τον Σπύρο Μούντριχα, για την υποστήριξή τους κατά την διάρκεια του σχεδιασμού και παραγωγής του βίντεο, στα πλαίσια του μαθήματος Ειδικά Θέματα Συνθέσεων 9ου ΕΞΑΜΗΝΟΥ, «*Αρχιτεκτονικές Διαδρομές στον Ψηφιακό Χώρο*», το ακαδημαϊκό έτος 2010-2011.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στους Κο Στ. Ταμπακάκη και Κο Δ. Μιχάλη, τους εργοδότες μου τα τελευταία έξι χρόνια, για την υποστήριξή τους και την παραχώρηση των Η/Υ του γραφείου. Χωρίς την ανυπολόγιστη βοήθειά τους η μελέτη αυτή δεν θα είχε ολοκληρωθεί.

Από καρδιάς θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την στήριξη και ενθάρρυνσή τους καθ' όλη την διάρκεια διεκπεραίωσης της παρούσας διάλεξης, καθώς και τον αρραβωνιαστικό μου Γιώργο Τσιαπλέ, για την πολύτιμη συμπαράσταση και αγάπη του. Επίσης, θερμά ευχαριστώ σε όλους μου τους φίλους, συνεργάτες και συναδέλφους για την βοήθειά τους σε όλους τους τομείς της ως τώρα παράλληλής μας πορείας.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην Μαρία Τζωρτζάκη, για τις ειδικές γνώσεις που μου μετέδωσε ως σήμερα σε σχέση με την τέχνη της φωτογραφίας και της στερεοσκοπικής απεικόνισης. Ευχαριστώ, για την άψογη συνεργασία μας και την επιτυχή ολοκλήρωση της διάλεξής μας.



Το αντικείμενο της διάλεξης σχετίζεται με την τρισδιάστατη απεικόνιση και κυρίως την στερεοσκοπική παραγωγή βίντεο σε εικονικό χώρο με φωτορεαλισμό. Ο όρος στερεογραφία προήλθε από την ελληνική λέξη "στερέο" που σημαίνει συμπαγές και σχετικό με το χώρο. Στερεοσκοπική εικόνα είναι η εικόνα που αποτελείται από δύο δισδιάστατες εικόνες αλλά διαβάζεται ως μια τρισδιάστατη, στην οποία γίνεται αντιληπτό το βάθος και ο πραγματικός χώρος. Η παρατήρηση των στερεοσκοπικών εικόνων γίνεται συνήθως με τη χρήση κάποιου βοηθητικού οπτικού οργάνου το οποίο διαχωρίζει τις δυο εικόνες, ώστε κάθε οφθαλμός να βλέπει μια διαφορετική εικόνα και έτσι δίνεται η ψευδαίσθηση του βάθους.

Η ανακάλυψη της στερεοσκοπίας έγινε ουσιαστικά τον 19<sup>ο</sup> αιώνα από τον Charles Wheatstone ο οποίος απέδειξε την διόφθαλμη ικανότητα των ματιών με μια συσκευή όπου ο παρατηρητής παρακολουθεί δυο δισδιάστατα σκίτσα τα οποία κατάφερνε τελικά να τα δει με τρεις διαστάσεις. Αρκετοί επιστήμονες της εποχής ερεύνησαν την στερεοσκοπική όραση, γράφτηκαν πολλά κείμενα και έγιναν πολλές σημαντικές ανακαλύψεις. Ο ερχομός της φωτογραφίας λίγο καιρό μετά ενσωματώθηκε πολύ εύκολα με την στερεοσκοπική απεικόνιση και την μετέτρεψε σε τέχνη και επιστήμη.

Με την πάροδο των αιώνων η στερεοσκοπική φωτογραφία πέρασε από τις φωτογραφικές μηχανές με αρνητικές πλάκες στις ψηφιακές μηχανές και διευκόλυνε αρκετά την παραγωγή εικόνων. Με τη στερεοσκοπική εικόνα ασχολήθηκε από την πρώτη στιγμή της εμφάνισης του και ο κινηματογράφος ανακαλύπτοντας συνεχώς νέες τεχνολογίες για την καλύτερη και ικανοποιητικότερη θέαση, όπως τα πολωτικά φίλτρα, αναχρωματικά και διαφραγματικά γυαλιά. Η στερεοσκοπική απεικόνιση έχει εισβάλει επιπλέον στη ιατρική, τη γεωλογία, και χρησιμοποιείται από

την Nasa και την αστρονομία το στρατό και από πλήθος άλλων επιστημών όπως και την αρχιτεκτονική. Συγκεκριμένα στον τομέα της αρχιτεκτονικής δημιουργήθηκαν γι' αυτή την εργασία, στερεοσκοπικές φωτογραφίες με τη χρήση εικονικού περιβάλλοντος στο σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD και στερεοσκοπικό βίντεο με τη χρήση του προγράμματος 3DsMax και VRay. Με στόχο την προσέλκυση των σχεδιαστών να χρησιμοποιούν αυτό το εργαλείο για την παρουσίαση των έργων τους με την ρεαλιστική απεικόνιση των τρισδιάστατων μοντέλων.



## Περιεχόμενα

---

### Περιεχόμενα

#### Κεφάλαιο πρώτο – Εισαγωγή, μεθοδολογία

1.1 - Εισαγωγή	05
1.2 – Στόχος και σκοπός	06
1.3 - Μεθοδολογία	06
1.4 - Διάρθρωση	07

#### Κεφάλαιο δεύτερο - Φυσιολογία της διόφθαλμης όρασης

2.1 - Φυσιολογία του ανθρώπινου οφθαλμού	08
2.2 - Κριτήρια που συμβάλουν στην εκτίμηση της τρίτης διάστασης - Φυσιολογία της διόφθαλμης όρασης	09
2.2.1 - Μονοοπτικά κριτήρια	09
2.2.2 - Διοπτικά κριτήρια	12
2.3 - Προσαρμογή και σύγκλιση	15

#### Κεφάλαιο τρίτο - Ιστορία της στερεοσκοπικής εικόνας

3.1 - Αναφορές της στερεοσκοπικής όρασης πριν το στερεοσκόπιο	18
3.2 - Στερεοσκοπική απεικόνιση στο 19 <sup>ο</sup> αιώνα - Στερεοσκόπιο - Στερεοκάμερα -3D ανάγλυφη εικόνα - Κινούμενη εικόνα - Kaiser panorama	20
3.3 - Στερεοσκοπική απεικόνιση στον 20 <sup>ο</sup> αιώνα - Φιλμ σε ρολό -View-master -Autostereogram - Lenticular - 3D τηλεόραση -κινηματογράφος	30
3.4 - Η τρισδιάστατη απεικόνιση σήμερα	38

#### Κεφάλαιο τέταρτο - Τεχνική της λήψης της στερεοσκοπικής εικόνας

4.1 – Εισαγωγή	44
4.2 - Η λήψη - Αρχές στέρεο-απεικόνισης	45
4.3 - Η λήψη- ο εξοπλισμός	49

#### Κεφάλαιο πέμπτο - Κριτήρια, μέθοδος συνδυασμού και παρουσίασης του στερεοζεύγους

5.1 - Μετατροπή 2D ζεύγους σε 3D στέρεο	54
-----------------------------------------	----

## Περιεχόμενα

---

5.2 - Σφάλματα στεροσκοπικής εικόνας	59
5.3 - 3D Οθόνες	61
5.4 - Επίδραση και χρήση στις επιστήμες	65
Κεφάλαιο έκτο – Πρακτική εφαρμογή της ΔΕ – Συμπεράσματα	
6.1 - Εισαγωγικά	68
6.2 - Μεθοδολογίας λήψης - παραγωγής	68
6.2.1 - Λήψη και παραγωγή στο Autocad	68
6.2.2 - Λήψη και παραγωγή στο 3DsMax με Vray	69
6.3 - Τρόπος παρουσίαση	74
Παραδείγματα εικόνων	75
6.4 - Απολογισμός και μέλλον	86
6.5 - Συμπεράσματα	87
Βιβλιογραφία	89

---

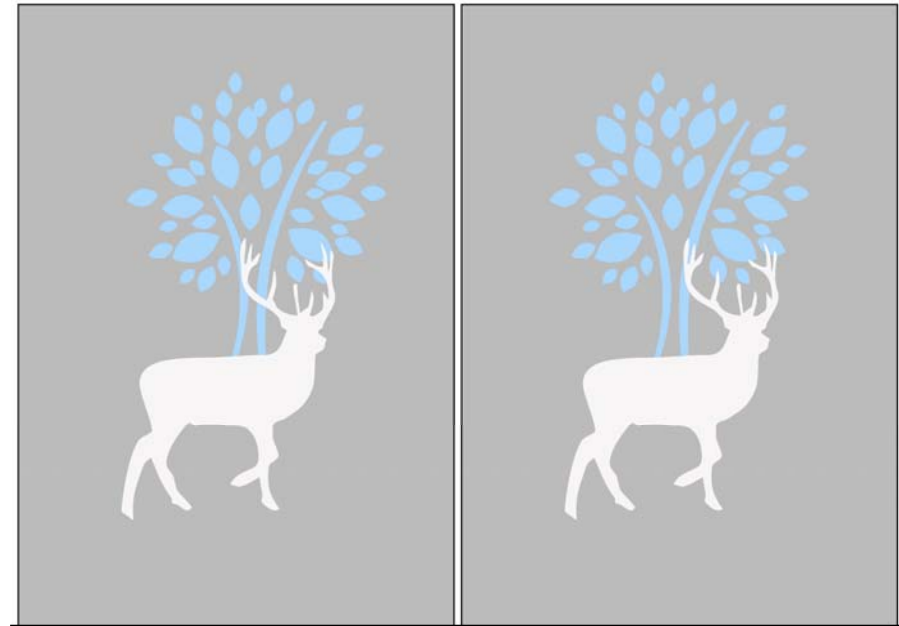
## Κεφάλαιο πρώτο

## 1.1 - Εισαγωγή

Σε αντίθεση με κάθε διαδεδομένο αναπαραγωγικό μέσο, όπως η τηλεόραση ο κινηματογράφος και η φωτογραφία, τα οποία βασίζονται στη δισδιάστατη απεικόνιση ο άνθρωπος, αντιλαμβάνεται τον κόσμο με τρεις διαστάσεις, ύψος, πλάτος και βάθος. Η ιδιότητα του αυτή είναι αποτέλεσμα της φυσιολογίας της διόφθαλμης όρασης που του επιτρέπει να αντιλαμβάνεται το χώρο και την απόσταση των αντικειμένων σε σχέση με τον ίδιο ή σε σχέση με τη θέση άλλων αντικειμένων. Ο τρόπος που παρατηρούμε τον κόσμο ονομάζεται στερεοσκοπική αντίληψη και είναι διεθνής όρος από την ελληνική λέξη "στερεό" που σημαίνει "συμπαγές" δηλαδή "με τρεις διαστάσεις".

Την τρισδιάστατη απεικόνιση προσπαθούν να μιμηθούν διάφορα αναπαραγωγικά μέσα χρησιμοποιώντας την ανθρώπινη οπτική αντίληψη, αναλύοντας την ως μηχανισμό και αντιγράφοντας την. Η στερεοσκοπική φωτογραφία και εικονοληψία καταφέρνει, χρησιμοποιώντας την ιδιότητα του διπλού ειδώλου της διόφθαλμης όρασης να δημιουργήσει ψευδαίσθηση τρισδιάστατης εικόνας, παραθέτοντας δισδιάστατες εικόνες και παρατηρώντας τις με κατάλληλα οπτικά όργανα. Η τεχνική της αναπαραγωγής εξετάζεται παρακάτω δίνοντας έμφαση στις τεχνικές λήψης και θέασης.

Η διόφθαλμη όραση είναι η ικανότητα που έχουν τα μάτια μας να δουλεύουν σαν ομάδα. Καθένα από αυτά βλέπει μια ελαφρώς διαφορετική εικόνα και ο εγκέφαλος, μέσω μιας αφομοιωτικής διαδικασίας ενοποιεί αυτές τις δύο εικόνες και τις μετατρέπει σε μία τρισδιάστατη (εικόνα 1). Η διαφορά των εικόνων είναι αποτέλεσμα της



**Εικόνα 1**, διόφθαλμη ανισότητα. Με ελεύθερη παρατήρηση, η εικόνα δίνει την εντύπωση τους βάθους. Οι περισσότερες εικόνες είναι αποτέλεσμα επεξεργασίας και δημιουργία των συγγραφέων. Σε κάθε διαφορετική περίπτωση θα επισημάνεται η πηγή προέλευσης τους.

διαφορετικής θέσης των οφθαλμών στο κεφάλι. Η κάθε εικόνα καταγράφεται ξεχωριστά σε κάθε αμφιβληστροειδή. Το γεγονός ότι ο εγκέφαλος καταγράφει δυο διαφορετικές εικόνες που τελικά μεταφράζει σε μια ονομάζεται διόφθαλμη ανισότητα.<sup>1</sup> Στις παρακάτω εικόνες περιγράφεται η αποτύπωση των δυο αντιστραμμένων ελαφρώς διαφορετικών ειδώλων στο κάθε μάτι. Στην εικόνα 2α παρουσιάζεται η

<sup>1</sup> Ian P. Howard, Brian J. Rogers, *Binocular Vision and Stereopsis*, Oxford University Press, Νέα Υόρκη 1995, σ. 2

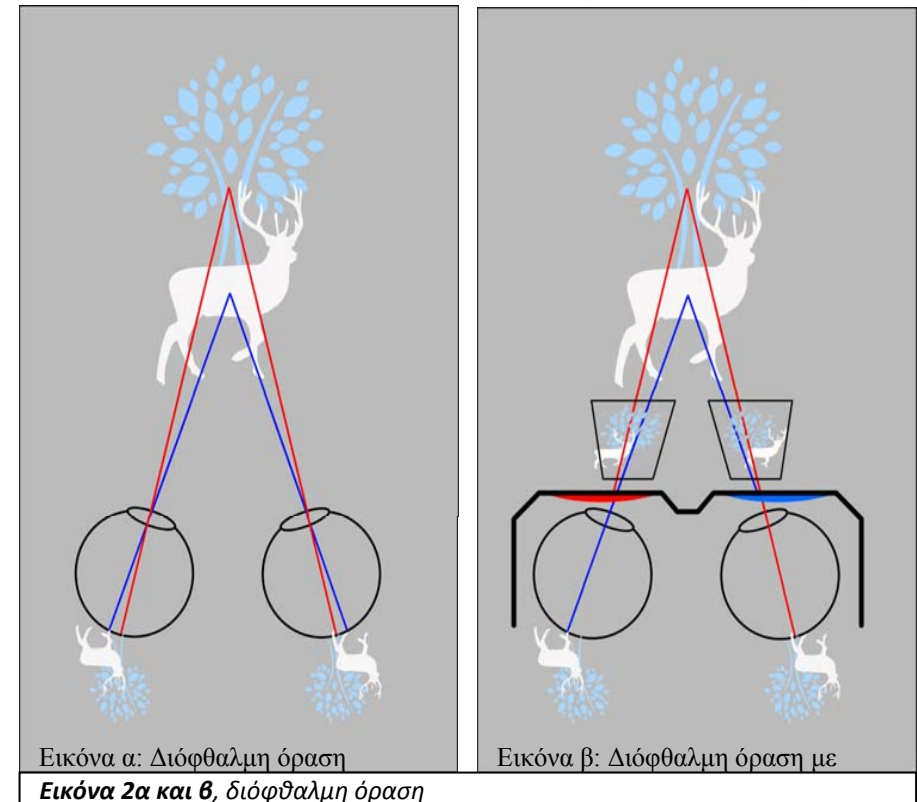


περίπτωση της όρασης φυσικών αντικειμένων χωρίς κάποια μηχανική παρεμβολή ανάμεσα στα μάτια και το θέμα, ενώ στην εικόνα 2β βλέπουμε την περίπτωση παρεμβολής δισδιάστατων εικόνων με παρατήρηση χρησιμοποιώντας κατάλληλο οπτικό όργανο.

Η παραγωγή τρισδιάστατων εικόνων ξεκίνησε τον 18<sup>ο</sup> αιώνα ως επιστήμη πάνω στη φυσιολογία της όρασης, με τον ερχομό όμως της φωτογραφίας η επιστήμη έγινε τέχνη και μέχρι σήμερα δεν παύει να εξελίσσεται και να βελτιώνεται. Το μειονέκτημα της τρισδιάστατης αντίληψης μέσω δισδιάστατων εικόνων είναι η χρήση στερεοσκοπικών γυαλιών για τις περισσότερες περιπτώσεις παρατήρησης. Αυτός είναι και ο μόνος λόγος που κατά ιστορικές περιόδους η αποτύπωση τρισδιάστατων εικόνων μένει στάσιμη και παρόλο το εντυπωσιακό της αποτέλεσμα το ευρύ κοινό δεν γνωρίζει την ύπαρξη της. Σήμερα φαίνεται αυτό να αλλάζει και σε αυτό συμβάλλει ο ερχομός της τρισδιάστατης τηλεόρασης και το ενδιαφέρον του Hollywood να δημιουργεί στερεοσκοπικές τρισδιάστατες ταινίες επενδύοντας οικονομικά και παράγοντας αρκετά φυσικό αποτέλεσμα.

### 1.2 – Στόχος και σκοπός

Ο στόχος της μελέτης αυτής ήταν αρχικά η συλλογή πληροφοριών για την στερεοσκοπική απεικόνιση κατά τη διάρκεια των χρόνων, η μελέτη των διαφόρων τεχνολογιών που αναπτύχθηκαν στη φωτογραφία και το βίντεο και η εφαρμογή των τεχνολογιών αυτών. Απώτερος σκοπός ήταν η χρήση της τεχνολογίας αυτής να συνδυαστεί με την παραγωγή τρισδιάστατων μοντέλων σε προγράμματα cad ελπίζοντας ότι θα αποδοθεί ένα εικονικό βίντεο ικανό να μιμηθεί την πραγματικότητα και να δώσει την ψευδαίσθηση ότι ο παρατηρητής βρίσκεται μέσα στο μοντέλο.



### 1.3 – Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία της εργασίας περιλαμβάνει μελέτη πάνω στην ιστορία και την εξέλιξη της Στερεοσκοπικής Φωτογραφίας και βίντεο. Έρευνα πάνω στην οπτική και τη γεωμετρία όσο αφορά τη φυσική και τη φυσιολογία της όρασης. Μελέτη στην ψηφιακή τεχνολογία και τις μεθόδους πραγματοποίησης της στερεοσκοπικής εικόνας. Επισήμανση της χρήσης της Στερεοσκοπικής εικόνας σήμερα, στις οπτικές τέχνες, την ψυχαγωγία

και την επιστήμη και τέλος εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών για την δημιουργία στερεοσκοπικών φωτογραφιών και βίντεο. Χρησιμοποιήθηκαν κείμενα και βιβλία από το διαδίκτυο, τις βιβλιοθήκες της Αρχιτεκτονικής, της καλών τεχνών και μελέτες πάνω στη στερεοσκοπική εικόνα.

#### 1.4 - Διάρθρωση

Η εργασία χωρίζεται σε έξι κεφάλαια, συμπεριλαμβανομένου και της εισαγωγής. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η φυσιολογία του οφθαλμού και η δυνατότητα των οφθαλμών να βλέπουν σε τρεις διαστάσεις δηλαδή στερεοσκοπικά. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται εκτενή αναφορά πάνω στην ιστορία της στερεοσκοπικής εικόνας τέχνης και επιστήμης, από την πρώτη στιγμή της εμφάνισης της έως και σήμερα. Γίνεται μια προσπάθεια να συμπεριληφθούν οι περισσότερες ιστορικές αναφορές θεωρητικές και τεχνολογικές πάνω στην στερεοσκοπική αποτύπωση. Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρονται οι απαιτήσεις λήψης για την παραγωγή του στέρεο-ζεύγους και δίνονται μαθηματικές εξισώσεις που εγγυώνται την σωστή αποτύπωση. Τέλος στο πέμπτο κεφάλαιο αναφέρεται το δεύτερο και τρίτο στάδιο παραγωγής των τρισδιάστατων εικόνων που είναι η μετατροπή του δισδιάστατου ζεύγους σε τρισδιάστατη εικόνα όπως και αναφορά στους τρόπους παρατήρησης και την επίδραση της στερεοσκοπίας. Το έκτο κεφάλαιο αποτελεί το πρακτικό κομμάτι της διάλεξης όπου γίνεται παραγωγή στερεοσκοπικών εικόνων και βίντεο με την χρήση προγραμμάτων παραγωγής εικονικού περιβάλλοντος, δίνονται επίσης τα συμπεράσματα και μελλοντική πρόβλεψη για την πορεία της στερεοσκοπίας και τις δυνατότητες της στερεοσκοπικής απεικόνισης στην αρχιτεκτονική.

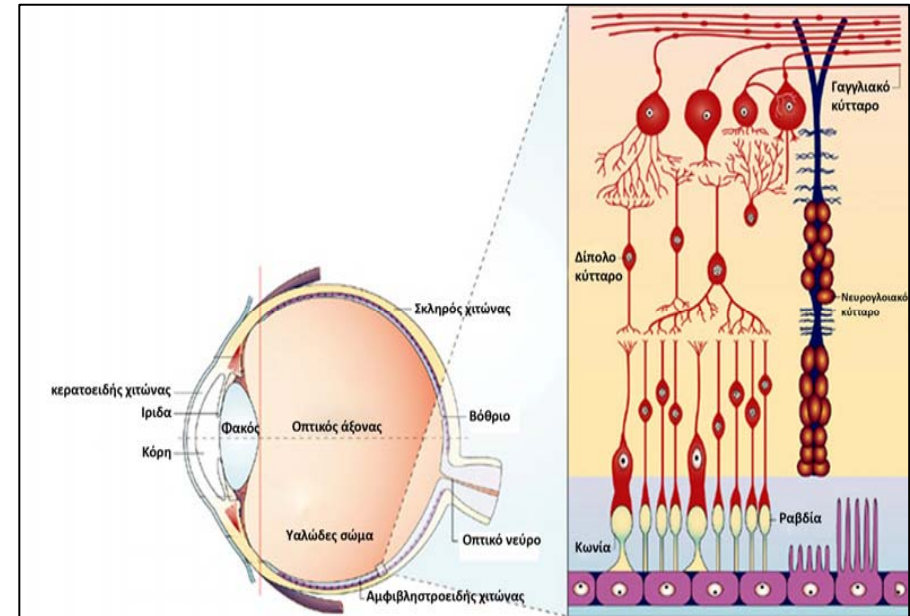
## Κεφάλαιο δεύτερο - Φυσιολογία της διόφθαλμης όρασης

## 2.1 - Φυσιολογία του ανθρώπινου οφθαλμού

Η όραση λειτουργεί με τη βοήθεια του φωτός και με αυτόν τον τρόπο γίνονται κατανοητές πολλαπλές απόψεις του κόσμου. Το φως είναι μια μορφή ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που εισέρχεται στα μάτια και δρα σε φωτοϋποδοχείς στον αμφιβληστροειδή. Έτσι πυροδοτούνται διεργασίες μέσω των οποίων παράγονται νευρικές ώσεις, οι οποίες ταξιδεύουν στα μονοπάτια και στα δίκτυα του οπτικού εγκεφάλου. Διακριτά μονοπάτια στο εσωτερικό του εγκεφάλου και στον εγκεφαλικό φλοιό αναπαράγουν διαφορετικές οπτικές λειτουργίες, ανιχνεύουν και αναπαριστούν την κίνηση, το σχήμα, το χρώμα και άλλα γνωρίσματα του οπτικού κόσμου.<sup>2</sup>

Αναλυτικότερα το φως εισέρχεται στον οφθαλμό μέσω της κόρης και εστιάζεται μέσω του κερατοειδή χιτώνα και του φακού, στον αμφιβληστροειδή, στο πίσω μέρος του ματιού. Η κόρη περιβάλλεται από τη χρωμοφόρο ίριδα που μπορεί να διαστέλλεται ή να συστέλλεται, κάνοντας την κόρη μεγαλύτερη ή μικρότερη καθώς αλλάζουν τα επίπεδα έντασης του φωτός. Μπορούμε να την παρομοιάσουμε με το διάφραγμα της φωτογραφικής μηχανής και να αντιστοιχίσουμε σε f2 έως f11 διάφραγμα φακού. Από τη στιγμή που το φως θα εστιαστεί στον αμφιβληστροειδή, τα 125 εκατομμύρια φωτοϋποδοχέων στην επιφάνεια του αμφιβληστροειδή αντιδρούν στο φως που τα χτυπάει, παράγοντας μικροσκοπικά ηλεκτρικά δυναμικά<sup>3</sup>. Αυτά τα σήματα περνούν σε ένα δίκτυο κυττάρων στον αμφιβληστροειδή και στη συνέχεια ενεργοποιούν

<sup>2</sup> David A. Atchison, George Smith, *Optics of the human eye*, Bath press, Εδιμβούργο 2003, 3<sup>η</sup> έκδοση, σ. 3-10



Εικόνα 3, Διάγραμμα, τομή οφθαλμού, Επεξεργασμένη εικόνα, πηγή:

*Nature Reviews Genetics* 4, 876-888 (November 2003), Jochen Graw, άρθρο: *The genetic and molecular basis of congenital eye defects*, [http://www.nature.com/nrg/journal/v4/n11/fig\\_tab/nrg1202\\_F1.html](http://www.nature.com/nrg/journal/v4/n11/fig_tab/nrg1202_F1.html)

τα γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδή, οι άξονες των οποίων συγκεντρώνονται και σχηματίζουν το οπτικό νεύρο (εικόνα 3). Οι ίνες αυτές εισέρχονται στον εγκέφαλο, όπου μεταδίδουν δυναμικά ενέργειας σε διαφορετικές οπτικές περιοχές με διακριτές λειτουργίες. Οι πολυπληθέστεροι φωτοϋποδοχείς, τα ραβδία, είναι περίπου 1000 φορές πιο ευαίσθητοι στο φως, σε σύγκριση με την άλλη λιγότερο πολυάριθμη κατηγορία φωτοϋποδοχέων, τα κωνία. Αρκετοί ισχυρίζονται ότι στο

<sup>3</sup> Waldemar Karwowski, *International encyclopedia of ergonomics and human factors*, Τόμος 1, CRC press, Νέα Υόρκη 2006, σ. 323

σκοτάδι η όραση επιτυγχάνεται με τα ραβδία ενώ στο φως με τα κωνία. Υπάρχουν τρία είδη κωνίων, ευαίσθητα στα διαφορετικά μήκη κύματος του φωτός, το κόκκινο, το μπλε και το πράσινο. Η άποψη ότι τα κωνία απλά παράγουν την έγχρωμη όραση δεν μπορεί να υποστηριχτεί, καθώς, αν και τα κύτταρα αυτά είναι ζωτικής σημασίας για την αντίληψη των χρωμάτων, υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν.<sup>4</sup> Κάπως έτσι γίνεται αντιληπτή η αντίστροφη εικόνα που σχηματίζεται στον κάθε αμφιβληστροειδή και αφού περάσει από τα οπτικά νεύρα στον εγκέφαλο κάνει μία σειρά πολύπλοκων διαδικασιών και δίνει την εντύπωση της ορθής τρισδιάστατης εικόνας.

## 2.2 - Κριτήρια που συμβάλουν στην εκτίμηση της τρίτης διάστασης - Φυσιολογία της διόφθαλμης όρασης

Η φυσιολογία του οφθαλμού και η πληθώρα των πληροφοριών που μπορεί να καταγράψει είναι η αιτία της αντίληψης της όρασης. Η αντίληψη της τρίτης διάστασης είναι αποτέλεσμα συνδυασμού μιας σειράς οπτικών ενδείξεων, οι οποίες χωρίζονται στις μονοοπτικές και διοπτικές ενδείξεις ή κριτήρια. Οι δυσλειτουργίες του ματιού οφείλονται στις τυχόν αδυναμίες της σωστής τρισδιάστατης αντίληψης.<sup>5</sup> Συχνά η διοπτική ικανότητα της όρασης παρομοιάζεται με την αντίληψη του βάθους πεδίου. Αυτό όμως δεν είναι ακριβές, καθώς το βάθος και η προοπτική στηρίζονται περισσότερο σε μονοοπτικά κριτήρια παρά σε διοπτικά. Ένα άτομο με ένα μόνο λειτουργικό μάτι μπορεί να αντιληφθεί το βάθος, την προοπτική και την τρίτη διάσταση το ίδιο άνετα με αυτόν

<sup>4</sup> John Simon Werner, Leo M. Chalupa, *The visual neurosciences*, Τόμος 1, Massachusetts Institute of technology, σ. 215-217

<sup>5</sup> Scott B. Steinman, Barbara A. Steinman, Ralph Philip Garzia, *Foundations of binocular vision: a clinical perspective*, McGraw-Hill Companies, USA, 2000, σ. 1

που διαθέτει δύο λειτουργικά μάτια. Στην δυνατότητα αυτή συμβάλουν και οι αναμνήσεις που έχουν αποκτηθεί αλλά και η εμπειρία του ατόμου να βλέπει.<sup>6</sup> Έτσι συνδυάζει μία σειρά εμπειρικών κριτηρίων, ώστε να αποδοθεί κάθε φορά η σωστότερη αντίληψη της τρίτης διάστασης. Άλλωστε πολλά ζώα βασίζονται μόνο στα μονοοπτικά κριτήρια για τη σωστή αντίληψη του περιβάλλοντος.<sup>7</sup>

### 2.2.1 – Μονοοπτικά κριτήρια

Μονοοπτική είναι η όραση που βασίζεται σε ένα μόνον οφθαλμό, οπότε και η αντίληψη του περιβάλλοντος είναι περιορισμένη βάσει των κριτηρίων μόνο αυτού του οφθαλμού. Τα κυριότερα μονοοπτικά κριτήρια είναι η μερική επικάλυψη των αντικειμένων (overlap, interposition), η προοπτική της ατμόσφαιρας (aerial perspective), η γεωμετρική προοπτική (linear perspective), το σχετικό ή φαινομενικό μέγεθος (relative size), η προσαρμογή του οφθαλμού (accommodation), η απόσταση του θέματος (texture gradient), η οριζόντια μετατόπιση (relative motion) και η φωτοσκίαση (light and shadow).<sup>8</sup>

Κατά τη μερική επικάλυψη των αντικειμένων αντιλαμβανόμαστε απόσταση μεταξύ τους, καθώς στη θέα δύο αντικειμένων μέρος του ενός δεν είναι εμφανές, αφού καλύπτεται από το δεύτερο, έτσι μας δίνεται η εντύπωση πως το επικαλυπτόμενο βρίσκεται πιο πίσω από το πρώτο αντικείμενο<sup>9</sup> (εικόνα 4). Η προοπτική της ατμόσφαιρας επηρεάζει την ευκρίνεια των αντικειμένων σε μεγάλες αποστάσεις. Συγκεκριμένα τα

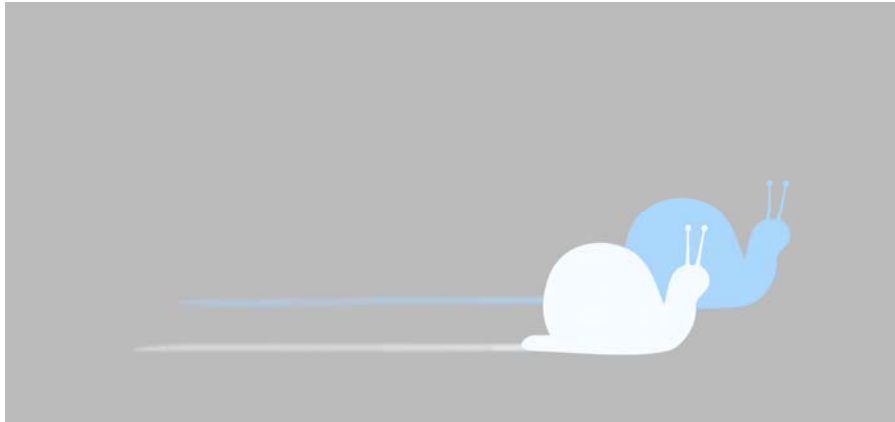
<sup>6</sup> Waldemar Karwowski, ό.π. σ. 309-312.

<sup>7</sup> Scott B. Steinman, Barbara A. Steinman, Ralph Philip Garzia, ό.π. σ. 2

<sup>8</sup> Dave C. Crow, *Visual illusions-monocular cues*, <http://www.cs.cmu.edu/~dccrow/uwaterloo/Monocular.html>

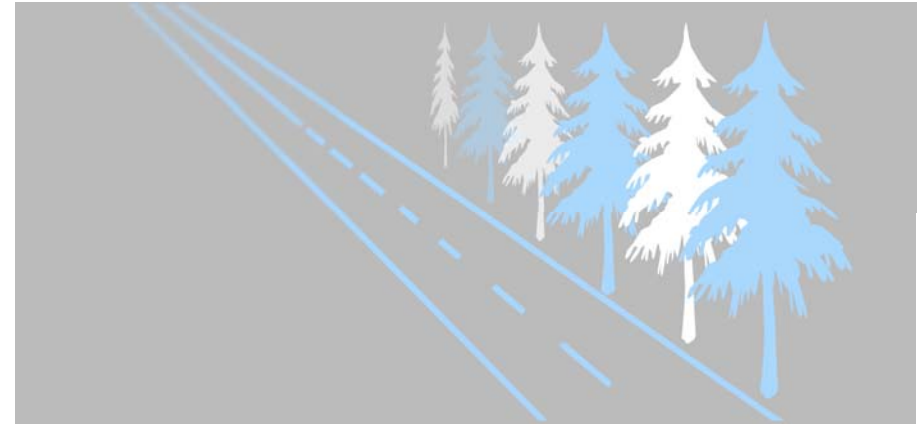
<sup>9</sup> Dave C. Crow, ό.π.

απομακρυσμένα αντικείμενα φαίνονται θαμπά και δεν διακρίνονται λεπτομέρειες<sup>10</sup> (εικόνα 5). Αυτό δηλώνει αυτόματα τη σχετική τους απόσταση με τον θεατή. Φυσικά σε ιδιαίτερες καιρικές συνθήκες όπως η αυξημένη υγρασία, η ομίχλη και αλλά φαινόμενα ο θεατής μπορεί να ξεγελαστεί στον υπολογισμό των αποστάσεων.



**Εικόνα 4**, μερική επικάλυψη

<sup>10</sup> Dave C. Crow, ό.π.

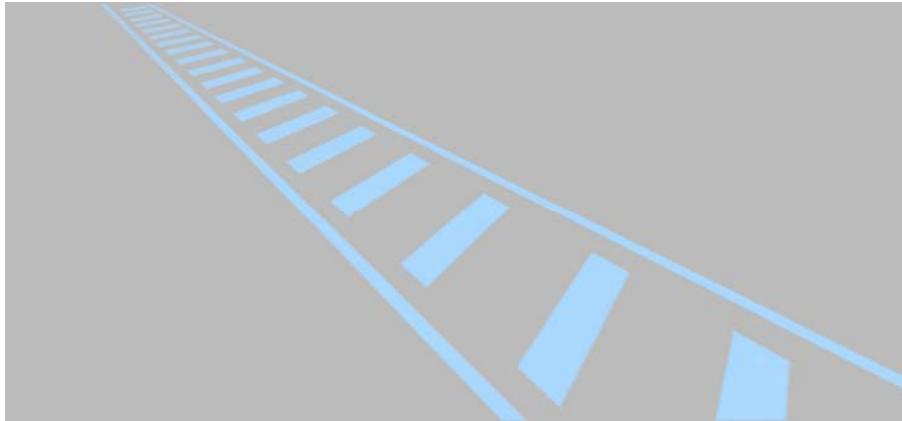


**Εικόνα 5**, προοπτική της ατμόσφαιρας

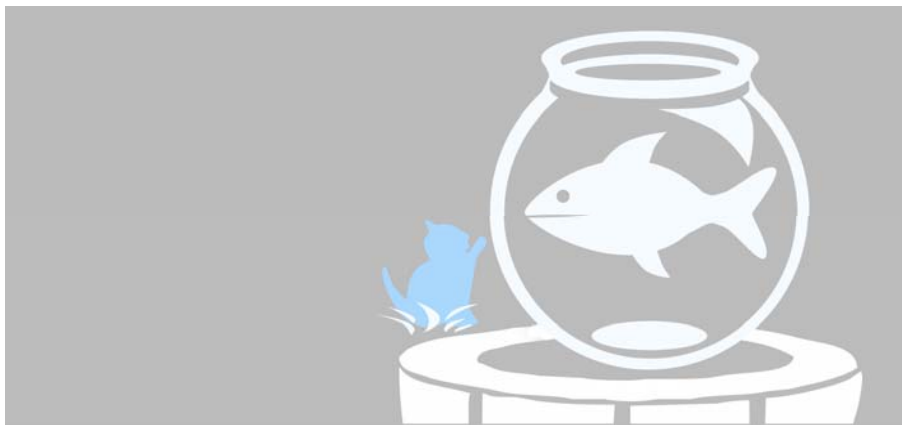
Η γεωμετρική προοπτική δηλώνεται, όταν οι φυσικά παράλληλες γραμμές τείνουν να μοιάζουν συγκλίνουσες όσο η απόσταση από τον παρατηρητή αυξάνεται<sup>11</sup> (εικόνα 6). Το σχετικό ή φαινομενικό μέγεθος είναι αποτέλεσμα σύγκρισης των ήδη γνωστών μεγεθών. Έτσι για παράδειγμα όταν βλέπουμε αντικείμενα των οποίων το μέγεθος είναι γνωστό, δεν αναρωτιόμαστε γιατί κάποια φαίνονται μικρότερα και κάποια μεγαλύτερα, αφού γνωρίζουμε πως αυτό συμβαίνει γιατί αυτά βρίσκονται σε διαφορετικές αποστάσεις σε σχέση με τον παρατηρητή<sup>12</sup> (εικόνα 7).

<sup>11</sup> Dave C. Crow, *Linear perspective, examples*,  
<http://www.cs.cmu.edu/~dccrow/uwaterloo/MonocularExamples.html>

<sup>12</sup> David Heeger, *Perception Lecture Notes: Depth, Size, and Shape, Size constancy*,  
<http://www.cns.nyu.edu/~david/courses/perception/lecturenotes/depth/depth-size.html>



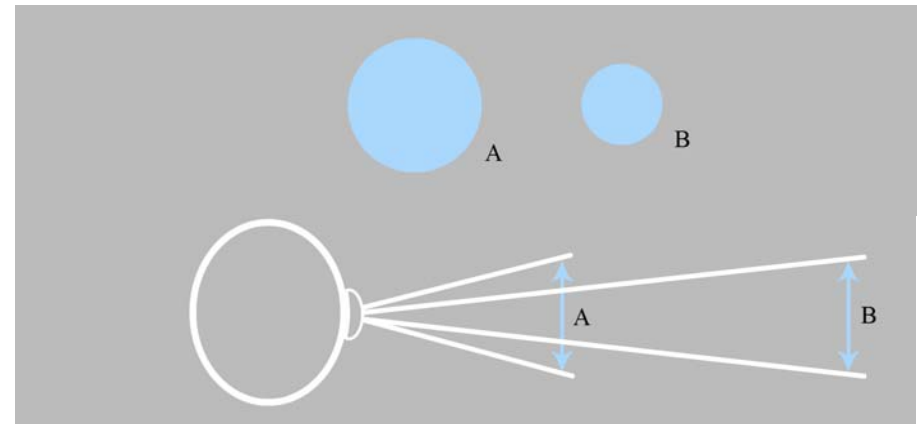
Εικόνα 6, γεωμετρική προοπτική



Εικόνα 7, φαινόμενο μέγεθος

Η προσαρμογή του οφθαλμού είναι η ικανότητα του φακού να αλλάζει μέγεθος ανάλογα με την απόσταση του αντικείμενου από τον οφθαλμό

στον οποίο εστιάζει<sup>13</sup> (εικόνα 8). Οι αλλαγές αυτές προδίδουν την απόσταση των αντικειμένων και γίνονται συνεχώς καθώς ο οφθαλμός εστιάζει από αντικείμενο σε αντικείμενο. Επιπλέον η απόσταση του θέματος επηρεάζει τη λεπτομέρεια του θέματος οπότε ότι δεν είναι ευκρινές είναι πιθανότερο να είναι και πιο μακριά. Αυτό το παρατηρούμε καλύτερα σε επιφάνειες με συγκεκριμένο μοτίβο όπου το μακρύτερο όριο από τον οφθαλμό είναι λιγότερο σαφές<sup>14</sup> (εικόνα 9).

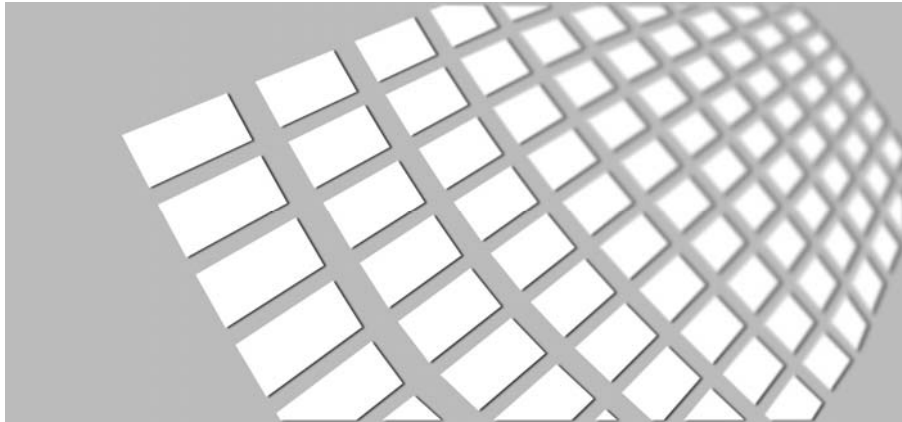


Εικόνα 8, προσαρμογή του οφθαλμού

<sup>13</sup> Martin Pare, *The visual system visual perception*,

<http://brain.phgy.queensu.ca/pare/assets/Visual%20Perception%20lecture.pdf>

<sup>14</sup> David Heeger, ό.π. texture.



**Εικόνα 9**, μοτίβο

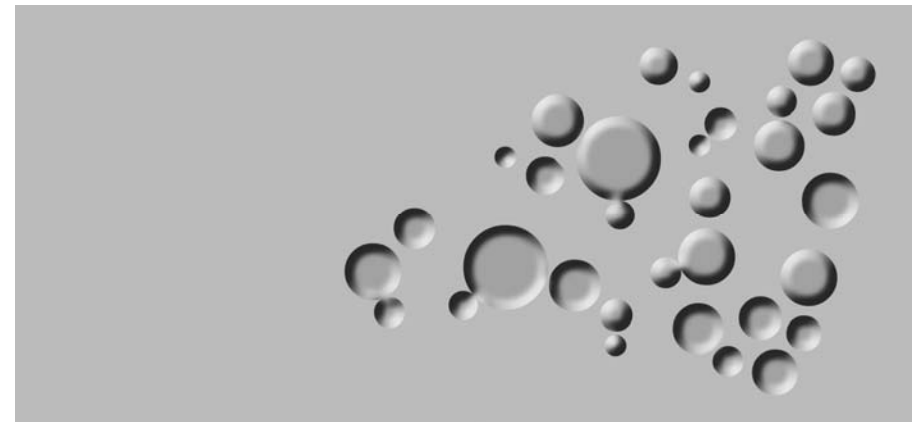
Όταν ο άνθρωπος κινείται σε οριζόντια μετατόπιση παρατηρεί πως τα αντικείμενα σε κοντινή απόσταση μοιάζουν να κινούνται γρηγορότερα σε σχέση με αυτά που βρίσκονται πιο μακριά<sup>15</sup> (εικόνα 10). Η σκιά και το φως και ο τρόπος που κατανέμονται σε ένα αντικείμενο μας δίνει πληροφορίες για την απόσταση. Είναι άλλωστε γνωστό πως το φως έρχεται πάντα από πάνω<sup>16</sup> (εικόνα 11).

<sup>15</sup> Waldemar Karwowski, σ. 310

<sup>16</sup> David Heeger, ό.π. shading.



**Εικόνα 10**, οριζόντια μετατόπιση



**Εικόνα 11**, φως και σκιά

### 2.2.2 – Διοπτικά κριτήρια

Η ιδέα ότι λόγω της διόφθαλμης ανισότητας μπορούμε να αντιληφθούμε τα αντικείμενα στο χώρο σε σχέση με το βάθος και την απόσταση, ξεκίνησε με την ανακάλυψη του στερεοσκοπίου από τον Charles

Wheatstone το 19<sup>ο</sup> αιώνα.<sup>17</sup> Εκείνη την περίοδο πολλοί επιστήμονες αναρωτήθηκαν για το πώς ο εγκέφαλος αντιλαμβάνεται τις διαφορετικές εικόνες και πως βοηθούν στην αντίληψη της τρίτης διάστασης. Ασχολήθηκαν επίσης με τα οπτικά ανθρώπινα όργανα και τεκμηρίωσαν τις ιδιότητες της διόφθαλμης όρασης. Συγκεκριμένα το 1959 ο οπτικός επιστήμονας Julesz ανακάλυψε πως δεν απαιτούνται μόνο τα μονοοπτικά κριτήρια για την στερεοσκοπική όραση<sup>18</sup>. Πέτυχε να το αποδείξει δημιουργώντας στερεογράμματα με τυχαίες κουκίδες. Το στερεόγραμμα αυτό ονομάζεται "Random dot stereogram" και αποτελείται από δυο όμοιες εικόνες με τυχαίες κουκίδες όπου στη μια ένα κεντρικό τετράγωνο έχει μετατοπιστεί ελαφρά προς μια κατεύθυνση.<sup>19</sup> Όταν αυτές οι εικόνες παρατηρηθούν στερεοσκοπικά το οπτικό μας σύστημα εύκολα παρατηρεί αυτή την αλλαγή, κάτι που δεν γίνεται αντιληπτό αν τις παρατηρήσουμε ξεχωριστά<sup>20</sup> (εικόνα 12).

Πάνω στην διόφθαλμη όραση και τον τρόπο λειτουργίας της έγιναν πολλές μελέτες από τότε και συνεχίζονται μέχρι σήμερα. Ενδεικτικά κάποιες από αυτές τις μελέτες είναι οι εξής: Οι Andrews και Hammond δημοσίευσαν το 1970 μια έρευνα πάνω στα ραβδία και τα κωνία και γενικότερα τη φυσιολογία του ματιού σύμφωνα με πειράματα σε οφθαλμούς γάτας<sup>21</sup>. Όμοια το 1986 οι Bishop και Pettigrew ανακάλυψαν ποια κύτταρα του οφθαλμού της γάτας ερεθίζονται λόγω της διόφθαλμης

<sup>17</sup> Ian P. Howard, Brian J. Rogers, σ. 18-20

<sup>18</sup> RUTGERS University, Dr. Bela Julesz, <http://rucss.rutgers.edu/zeus/julesz.html>

<sup>19</sup> Ian P. Howard, Brian J. Rogers, σ. 22

<sup>20</sup> Ralph Siegel, *Professor Emeritus Bela Julesz*, <http://ur.rutgers.edu/medrel/viewArticle.html?ArticleID=3697>

<sup>21</sup> P. Hammod, J. Physiol (1971), *Chromatic sensitivity and spatial organization of cat visual cortical cells: cone-rod interaction*, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1331772/pdf/jphysiol01032-0216.pdf>

ανισότητας.<sup>22</sup> Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν μερικά χρόνια αργότερα και ο Roggio και συνεργάτες σε πίθηκους. Πρόσφατα στις μελέτες για την διόφθαλμη όραση προστέθηκε και η επιστήμη της ψυχολογίας η οποία έχει αποτελέσει παράγοντα ακόμη και σε μαθηματικούς κανόνες που διαμορφώθηκαν για την κατανόηση ή μέτρηση της διόφθαλμης ανισότητας.<sup>23</sup>

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 1.1 η τρισδιάστατη αντίληψη οφείλεται στην διόφθαλμη όραση και ανισότητα. Οι ανθρώπινοι οφθαλμοί έχουν μεταξύ τους απόσταση από 50 έως 70 μμ από το κέντρο της κάθε κόρης· η απόσταση αυτή ονομάζεται διακορική απόσταση (interpupillary distance),<sup>24</sup> έτσι κάθε μάτι βλέπει διαφορετική εικόνα του κόσμου. Κάτι που γίνεται αντιληπτό εστιάζοντας σε ένα αντικείμενο και κλείνοντας διαδοχικά το ένα από τα δύο μάτια. Αν ο εγκέφαλος εντοπίσει ένα σημείο ή αντικείμενο στο χώρο, το κάθε μάτι ξεχωριστά αλλά και σε συνεργασία με το άλλο εστιάζει σε αυτό το αντικείμενο. Ο αριστερός οφθαλμός είναι φυσικό να βλέπει μεγαλύτερο μέρος της αριστερής πλευράς, ενώ ο δεξιός μεγαλύτερο της δεξιάς πλευράς· αυτή η λειτουργία ονομάζεται παράλλαξη. Η ιδιότητα των οφθαλμών να βλέπουν ελάχιστα διαφορετική εικόνα ονομάζεται στερεοσκοπική όραση και οφείλουμε κυρίως σε αυτήν την αντίληψη του βάθους.<sup>25</sup>

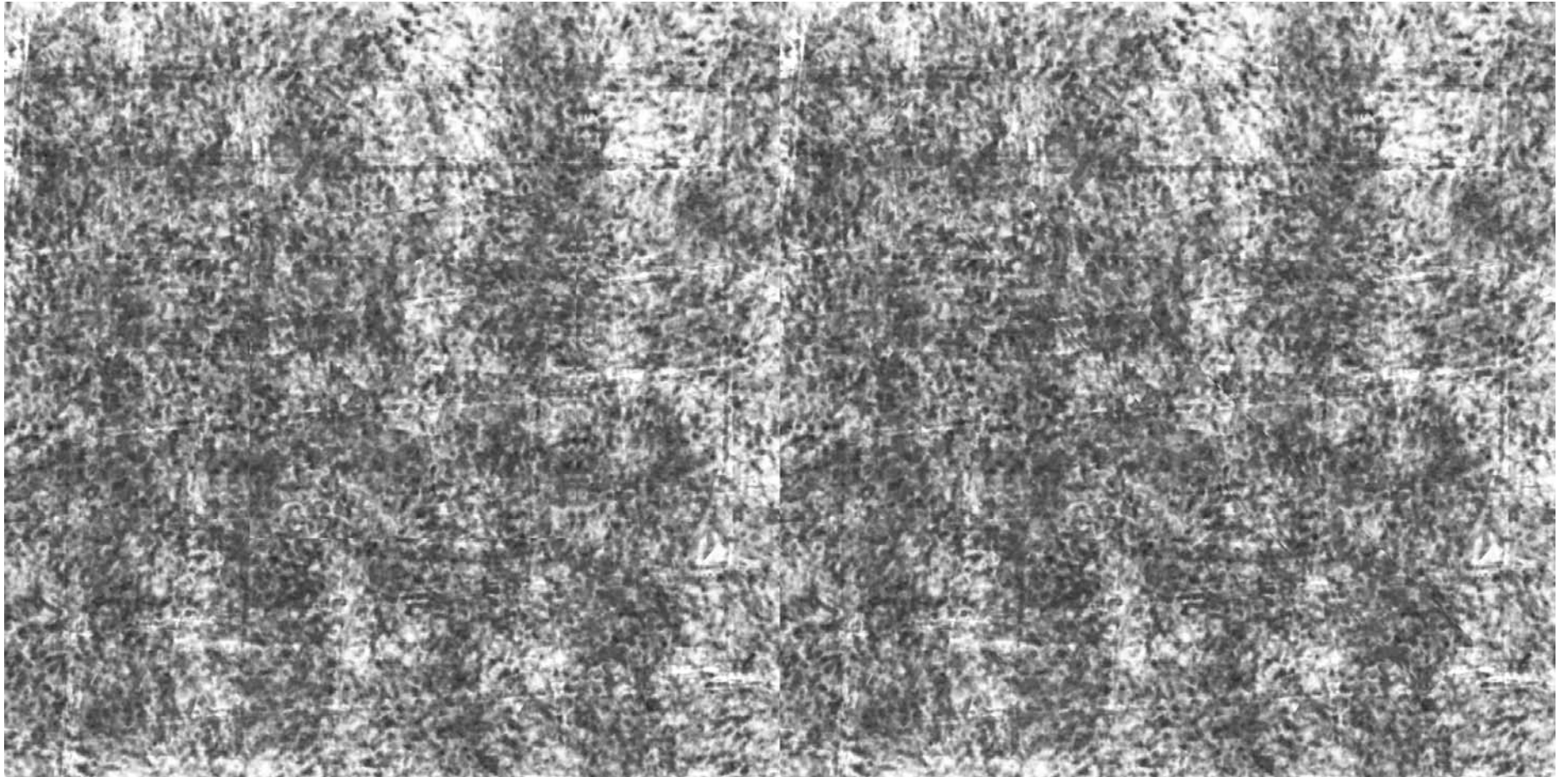
<sup>22</sup> Peter O. Bishop, Edited by Larry R. Squire, 1996, *The History of Neuroscience in Autobiography*, Volume 1, by the Society for Neuroscience, Washington, [http://www.sfn.org/skins/main/pdf/history\\_of\\_neuroscience/hon\\_vol\\_1/c3.pdf](http://www.sfn.org/skins/main/pdf/history_of_neuroscience/hon_vol_1/c3.pdf)

<sup>23</sup> Ning Qian, *Center for Neurobiology and Behavior*, Copyright, 1997 by Cell Press, Neuron, Vol. 18, 359–368, March, 1997, <http://brahms.cpmc.columbia.edu/publications/stereo-review.pdf>,

<sup>24</sup> Ian P. Howard, Brian J. Rogers, ό.π. σ. 35

<sup>25</sup> Scott B. Steinman, Barbara A. Steinman, Ralph Philip Garzia, ό.π. σ. 5





Εικόνα 12, Random dot stereogram, ελεύθερη παρατήρηση.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί πως τα μάτια συνεργάζονται απόλυτα και έτσι αν ένα από τα δύο είναι κλειστό και το ανοιχτό εστιάζει σε ένα σημείο τότε και το κλειστό μάτι στρέφεται αυτόματα προς το αντικείμενο πριν ακόμη ανοίξει. Αυτή η ιδιότητα ονομάζεται προσαρμογή (accommodation). Για να γίνει αντιληπτή η απόσταση και το βάθος μεταξύ αντικειμένων, ώστε να δίνεται η αίσθηση της τρισδιάστατης όρασης, αρκεί αυτά τα αντικείμενα να βρίσκονται σε απόσταση, το ένα πίσω από το άλλο τουλάχιστον 0,13 χιλιοστά και σε απόσταση από τους οφθαλμούς περίπου στα 40 εκατοστά.<sup>26</sup> Στις μακρινές αποστάσεις η τρισδιάστατη απεικόνιση γίνεται αντιληπτή όταν τα αντικείμενα έχουν αρκετά μεγάλη απόσταση μεταξύ τους. Αναλογικά στα 40 μέτρα χρειάζεται 1,3 μέτρα απόσταση μεταξύ των αντικειμένων· η απόσταση αυτή των αντικειμένων ονομάζεται παραλλακτική γωνία.<sup>27</sup>

Όταν ο οφθαλμός εστιάζει σε ένα αντικείμενο τείνει να στρέφεται σχεδόν παράλληλα σε αυτό σχηματίζοντας ακτίνα όρασης σύγχρονος κάθετη προς το αντικείμενο και τον αμφιβληστροειδή. Με αυτόν τον τρόπο το είδωλο του αντικειμένου σχηματίζεται στο βόθριο ή αλλιώς ωχρά κηλίδα στο κέντρο του οφθαλμού, ενώ κάθε άλλο αντικείμενο εκτός εστίασης ο οφθαλμός το τοποθετεί σε άλλο σημείο του οφθαλμού εκτός ωχράς κηλίδας. Η διάκριση αυτή που μπορούν να κάνουν τα μάτια μας είναι σημαντική για τον εντοπισμό της θέσης κάθε αντικειμένου που βρίσκεται σε διακριτή γωνία όρασης.<sup>28</sup>

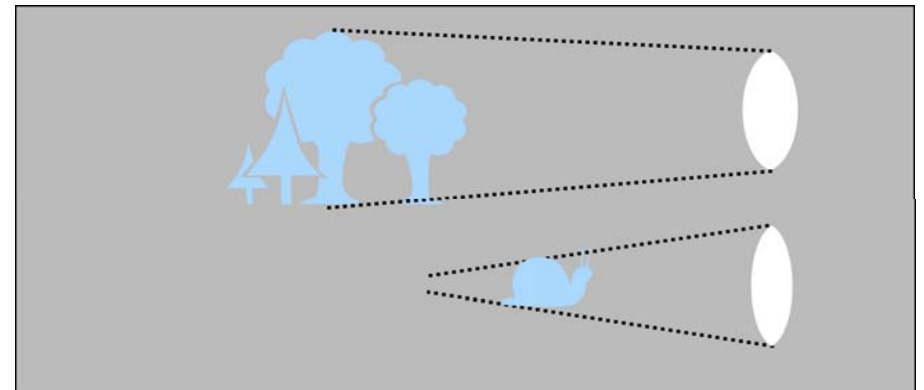
<sup>26</sup> Scott B. Steinman, Barbara A. Steinman, Ralph Philip Garzia, ό.π. σ. 4

<sup>27</sup> Waldemar Karwowski, ό.π. σ. 310

<sup>28</sup> Scott B. Steinman, Barbara A. Steinman, Ralph Philip Garzia, ό.π. σ. 9-10

### 2.3 - Προσαρμογή και σύγκλιση

Η προσαρμογή και η σύγκλιση του οφθαλμού είναι και οι δύο παράγοντες εντοπισμού και καθορισμού της απόστασης και της θέσης των αντικειμένων. Διαφορετικές λειτουργίες του οφθαλμού διακρίνουν την κάθε περίπτωση και έτσι έχουμε τον κρυσταλλοειδή φακό να λειτουργεί για την προσαρμογή και τον οφθαλμικό μυ για την σύγκλιση. Οι δύο αυτές λειτουργίες του οφθαλμού γίνονται αυθόρμητα και συνεργάζονται ενώ συχνά ή μια υπερτερεί της άλλης, αφού δίνει πιο σαφείς πληροφορίες στον εγκέφαλο.<sup>29</sup>



Εικόνα 13. Σύσπαση και χαλάρωση φακού σε σχέση με αντικείμενο

Όπως ήδη αναφέρθηκε για την ιδιότητα του ματιού στην προσαρμογή λειτουργεί περισσότερο ο κρυσταλλοειδής φακός του οφθαλμού. Σκοπός είναι η προσαρμογή του οφθαλμού σε τέτοια θέση εστίασης, ώστε να είναι καλύτερα ορατό το αντικείμενο που βρίσκεται σε θέα. Ο φακός λόγω της ελκυστικότητάς του προσαρμόζεται ανάλογα με την απόσταση των αντικειμένων από το θεατή και κινείται ασταμάτητα κάνοντας

<sup>29</sup> Scott B. Steinman, Barbara A. Steinman, Ralph Philip Garzia, ό.π. σ. 45-46

συνεχείς προσαρμογές, αλλάζοντας την καμπυλότητά του (εικόνα 13). Οι οφθαλμοί όταν παρακολουθούν αντικείμενα σε απόσταση μεγαλύτερη των 6 μέτρων βρίσκονται σε ηρεμία, όταν όμως τα αντικείμενα πλησιάζουν, οι μύες του κρυσταλλοειδή φακού αντλούν μεγαλύτερη προσπάθεια ώστε να εστιάσουν την εικόνα. Αυτός είναι και ο λόγος που σε ηλικίες μετά τα 35 συχνά παρατηρούμε πρεσβυωπία, ασθένεια που προσβάλλει την σύσπαση του φακού και αστοχία εστίασης σε κοντινές αποστάσεις. Η προσαρμογή του φακού συμβάλλει στην κατανόηση της απόστασης των αντικειμένων ανάλογα με τις συσπάσεις. Έτσι γνωρίζουμε πόσο κοντά ή περίπου πόσο μακριά είναι ένα αντικείμενο, ώστε να καταλάβουμε μέρος του βάθους άρα της στερεοσκοπικής όρασης.<sup>30</sup>

Κατά τη σύγκλιση ο οφθαλμός τείνει να εστιάζει στο αντικείμενο με τη δυνατόν μικρότερη απόσταση. Έτσι οι μύες κινούνται προς αυτό σχηματίζοντας ακτίνα όρασης κάθετη προς το αντικείμενο και τον αμφιβληστροειδή. Όταν το αντικείμενο είναι κοντά, οι οφθαλμοί συγκλίνουν προς αυτό ενώ σε μεγάλη απόσταση, πάνω από 6 μέτρα, τείνουν να είναι παράλληλοι μεταξύ τους. Η κίνηση αυτή του μυ είναι επίσης παράγοντας για την αντίληψη της απόστασης και γίνεται αντιληπτή κυρίως, όταν το αντικείμενο, που παρακολουθούν οι οφθαλμοί, κινείται μακραίνοντας ή πλησιάζοντας τα μάτια μας. Η διακορική απόσταση είναι παράγοντας για το διαφορετικό βαθμό σύγκλισης σε κάθε άτομο. Η δυνατότητα του μυ να αλλάζει διαδοχικά και να προσαρμόζεται πολύ γρήγορα στην εστίαση των αντικειμένων στο χώρο είναι το κριτήριο για την αντίληψη των αντικειμένων στο χώρο. Οι διαφορετικές θέσεις των οφθαλμών στέλνουν πληροφορίες στον

<sup>30</sup> N. J. Wade, *A Natural History of Vision*, Massachusetts Institute of Technology, second printing, 1999, σ. 37-38

εγκέφαλο για τις θέσεις των αντικειμένων και σε συνδυασμό και με τα υπόλοιπα κριτήρια έχουμε την τρισδιάστατη αντίληψη.<sup>31</sup>

Οι θέσεις των οφθαλμών δίνουν την δυνατότητα στον άνθρωπο να παρατηρεί 120° γωνία του περιβάλλοντος, όταν αυτά κοιτούν ευθεία μπροστά. Φυσικά αντιλαμβάνεται περίπου 170°, όταν τα κινεί. Αν συμπεριλάβουμε και την κίνηση του κεφαλιού, η γωνία θέασης είναι πολύ μεγαλύτερη.<sup>32</sup> Όπως έχει γίνει ήδη κατανοητό ή στερεοσκοπική όραση δεν είναι αντιληπτή σε κάθε περίπτωση και εξαρτάται από την απόσταση των παρακολουθούμενων αντικειμένων. Μάλιστα για το βάθος πεδίου και την αντίληψη, απαιτείται μια ελάχιστη απόσταση περίπου 13 χιλιοστά, ώστε αυτό να γίνεται αντιληπτό από τους οφθαλμούς. Με μετρήσεις που έχουν γίνει η μικρότερη απόσταση όπου μπορούμε να αντιληφθούμε την τρίτη διάσταση είναι τα 25 εκατοστά, ενώ η μεγαλύτερη είναι τα 800 μέτρα, αρκετά ευρύ φάσμα μέσα στο οποίο ο άνθρωπος κινείται άνετα. Πάνω από τα 800 μέτρα για να είναι αντιληπτό το βάθος των αντικειμένων χρησιμοποιούνται τα μονοοπτικά κριτήρια.<sup>33</sup> Όρια στη στερεοσκοπική όραση προκαλούν φυσικά και οι τυχόν ανωμαλίες στους οφθαλμούς, έτσι για παράδειγμα δυσλειτουργίες όπως οι διάφορες μορφές στραβισμού ή η απώλεια ενός οφθαλμού περιορίζουν τις δυνατότητες της στερεοσκοπικής όρασης.

Η διόφθαλμη όραση φαίνεται απαραίτητη για την αντίληψη της τρίτης διάστασης και η πραγματικότητα είναι πως μας επιτρέπει να αντιληφθούμε το περιβάλλον αρκετά ρεαλιστικά. Συχνά όμως οι

<sup>31</sup> Ronald B. Rabbetts, *Clinical Visual Optics*, Butterworth-Heinemann, τρίτη έκδοση, 1998, σ.158

<sup>32</sup> Scott B. Steinman, Barbara A. Steinman, Ralph Philip Garzia, ό.π. σ. 3

<sup>33</sup> Heather R. Filippini, Martin S. Banks, *Limits of stereopsis explained by local cross-correlation*, Journal of Vision, 2009, τεύχος 9

άνθρωποι ή και τα ζώα που βασίζονται στην διόφθαλμη όραση δεν διαθέτουν αυτή τη δυνατότητα είτε λόγω προβλημάτων στην όραση, ενώ έχουν και τους δύο οφθαλμούς, είτε γιατί έχουν μόνο ένα λειτουργικό μάτι. Σε αυτήν την περίπτωση βοηθιούνται από τα μονοοπτικά κριτήρια και την εμπειρία. Φυσικά όμως υπάρχουν και άλλα κριτήρια για την αντίληψη της τρίτης διάστασης και αφορούν γενικότερα τις αισθήσεις μας. Σαφώς υπάρχουν πολλά ζώα που δεν αντιλαμβάνονται τον κόσμο με την διόφθαλμη όραση αλλά την ετερόφθαλμη. Αν και αυτό συνήθως τους δίνει ένα ευρύτερο πεδίο όρασης, υστερούν στην οπτική οξύτητα και αντίληψη των αποστάσεων. Τα πλεονεκτήματα της διόφθαλμης όρασης είναι η καλύτερη δυνατότητα αντίληψης του βάθους και των διαστάσεων, όπως και η σαφώς καλύτερη επίγνωση του πού βρίσκεται κάποιο αντικείμενο στο χώρο. Τέλος άλλα πλεονεκτήματα είναι η αντίληψη της επιφάνειας όπως σε ένα πολύπλευρο αντικείμενο, όπως ένα διαμάντι και η αντίληψη της καμπυλότητας.<sup>34</sup>

<sup>34</sup> Dr Nick Holliman, *Benefits of 3D images*, <http://www.binocularity.org/page14.php>

## Κεφάλαιο τρίτο - Ιστορία της στερεοσκοπικής εικόνας

## 3.1 - Αναφορές της στερεοσκοπικής όρασης πριν το στερεοσκόπιο

- 340 π.Χ Αριστοτέλης: Οι δυο οφθαλμοί κινούνται σε συνεργασία.
- 280 π.Χ Ευκλείδης: Οι δυο οφθαλμοί βλέπουν ευρύτερο φάσμα από τον ένα.
- 150 μ.Χ. Claudius Ptolemy: Η μοναδική οπτική εικόνα συμβαίνει όταν οι δύο οπτικές κατευθύνσεις από τους οφθαλμούς συγκλίνουν.
- 175 Claudius Galen: Κάθε οφθαλμός βλέπει τα αντικείμενα διαφορετικά.
- 1000 Ibn al-Haytham: Οι οφθαλμοί συνεργάζονται συγκλίνοντας προς το αντικείμενο που παρακολουθούν.
- 1484 Leonardo Da Vinci: Η φυσική όραση δίνει την ποιότητα του ανάγλυφου.
- 1613 Francois d' Aguilon: Η λέξη stereo θα ειπωθεί για πρώτη φορά.
- 1738 Robert Smith: Κάθε οφθαλμός καταγράφει στον αμφιβληστροειδή διαφορετικό είδωλο.
- 1759 William Porterfield: Αποδεικνύει πως ο αμφιβληστροειδής φακός έχει σημαντικό ρόλο στην προσαρμογή του οφθαλμού.
- 1775 Joseph Harris: Συνδέει την απόσταση του θέματος με την κλίμακα.

*Εικόνα 14, Συνοπτική χρονολογική ταξινόμηση. Πριν την ανακάλυψη του στερεοσκοπίου.*

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η αντίληψη ότι οι οφθαλμοί μας αντιλαμβάνονται ελαφρώς διαφορετικά τον κόσμο ξεκίνησε πολύ πριν την ανακάλυψη του στερεοσκοπίου και υπάρχουν αρκετές ιστορικές πηγές που το επιβεβαιώνουν. Ο Αριστοτέλης, περίπου το 340 π.Χ., αναφέρει πως οι δύο οφθαλμοί κινούνται σε συνεργασία και πάντα προς την ίδια κατεύθυνση, η θέση αυτή ήταν ένας πρόδρομος γι' αυτό που ονομάζουμε

σήμερα σύγκλιση.<sup>35</sup> Το 1864 ο Hermann Helmholtz έκανε την ίδια δήλωση σε συνέδριο στο Λονδίνο δίνοντας και παραδείγματα.<sup>36</sup> Το 280 π.Χ. ο Αλεξανδρινός μαθηματικός Ευκλείδης εργάζεται πάνω στην οπτική και συντάσσει το έργο του "Πραγματεία στην οπτική" στο οποίο αναφέρει ότι οι δυο οφθαλμοί βλέπουν μεγαλύτερο μέρος των αντικειμένων απ' ότι ο καθένας ξεχωριστά.<sup>37</sup> Αναφέρεται επίσης και στην κινησιακή παράλλαξη.<sup>38</sup>

Θα περάσουν 500 χρόνια περίπου για να διατυπώσει ο Claudius Galen ότι κάθε οφθαλμός βλέπει τα αντικείμενα διαφορετικά.<sup>39</sup> Την ίδια περίοδο ο αστρονόμος Claudius Ptolemy θα διατυπώσει πως αν κοιτάξουμε μια ράβδο με κάθε οφθαλμό ξεχωριστά θα παρατηρήσουμε πως η ράβδος έχει διαφορετική θέση σε κάθε περίπτωση και μια ενδιάμεση όταν χρησιμοποιήσουμε και τους δυο οφθαλμούς. Έδωσε έτσι μια πρώτη ιδέα πως τα διοπτικά και μονοοπτικά κριτήρια είναι διαφορετικά. Ο Claudius Ptolemy δημιούργησε ένα διάγραμμα για την τεκμηρίωση αυτής του της δήλωσης. Ένα παρόμοιο διάγραμμα και την ίδια δήλωση σχεδίασε ο Άραβας αστρονόμος Ibn al-Haytham περίπου το 1000 μ.Χ., δηλώνοντας πως την συνεργατική κίνηση των οφθαλμών μπορούμε να την παρατηρήσουμε παρακολουθώντας τους οφθαλμούς κάποιου άλλου προσώπου. Πάνω σε αυτό το μοτίβο το 1738 ο Robert Smith με γνώμονα

<sup>35</sup> Ian P. Howard, Brian J. Rogers, ό.π. σ 4

<sup>36</sup> Nicholas Wade, Benjamin W. Tatler, *The moving tablet of the eye: the origins of modern eye movement research*, Oxford university press, 2005 σ. 6, 36

<sup>37</sup> Ray Zone, *Stereoscopic cinema & the origins of 3-D film, 1838-1952*, University press of Kentucky, 2007, σελ 5

<sup>38</sup> Α.Μ. Κουρνιάτη, *Οπτική του Ευκλείδη και Καμπυλόμορφη Αντίληψη του Χώρου*, Τεχν. Χρον. Επιστ. Εκδ. ΤΕΕ, II, τεύχ. 1-2, 1999, σ. 28

<sup>39</sup> Lenny Lipton, *Foundation of the stereoscopic cinema, a study in depth*, Van Nostrand electronic copyright 1982, σ. 16-17

ένα δάχτυλο μπροστά στους οφθαλμούς που εναλλάσσονται ανοίγοντας και κλείνοντας παρατηρεί τη διαφοροποίηση των ειδώλων από κάθε οφθαλμό και από τους δύο μαζί.<sup>40</sup>

Το 1484 ο επιστήμων και καλλιτέχνης Leonardo Da Vinci θα παρατηρήσει πως η φυσική όραση δίνει την αίσθηση του ανάγλυφου αντίθετα με έναν πίνακα που στην πραγματικότητα παρουσιάζει την εικόνα, όπως θα την έβλεπε ο άνθρωπος από μακριά χρησιμοποιώντας μόνο τον ένα οφθαλμό<sup>41</sup>. Περίπου ένα αιώνα αργότερα, ο Francois D' Aquillon, μαθηματικός φυσικός και αρχιτέκτονας, εργάστηκε πάνω στην οπτική και έγραψε έξι βιβλία, με τίτλο "Έξι βιβλία για την οπτική χρήσιμα σε φιλόσοφους και μαθηματικούς" (*Opticorum Libri Sex philosophis juxta ac mathematicis utiles*). Σε αυτά μιλάει για την οφθαλμική σύγκλιση επισημαίνοντας πως η διόφθαλμη όραση μόνο τότε είναι ενιαία. Επιπλέον στα βιβλία του συναντάμε πρώτη φορά την έννοια της στερεοσκοπίας.<sup>42</sup>

Ο Robert Smith το 1738 καταφέρνει να αναλύσει και να συνδυάσει όλα σχεδόν όσα έχουν ειπωθεί για την διόφθαλμη όραση μέχρι τότε, αναφέροντας την ταυτόχρονη κίνηση των οφθαλμών και την σύγκλιση των οπτικών ακτίνων στο κέντρο σε σχέση με το παρατηρούμενο αντικείμενο και φυσικά την θέαση διαφορετικής εικόνας από κάθε οφθαλμό. Ο William Porterfield το 1759 παρατηρεί πως ο αμφιβληστροειδής φακός έχει σημαντικό ρόλο στην προσαρμογή του οφθαλμού, καθώς παρατηρεί κάποιο αντικείμενο. Το απέδειξε αυτό χρησιμοποιώντας ασθενείς που είχαν χάσει τον αμφιβληστροειδή φακό

λόγω καταρράκτη.<sup>43</sup> Τελευταία αναφορά είναι ο Joseph Harris όπου στο βιβλίο "Treatise of Optics", που δημοσιεύτηκε μετά το θάνατο του, το 1775, αναφέρει για την οπτική παράλλαξη και την ανάγλυφη οπτική αίσθηση. Επίσης για πρώτη φορά συνδέει την απόσταση του θέματος με την κλίμακα.<sup>44</sup> Τα επόμενα χρόνια η στερεοσκοπική όραση αποδεικνύεται πια και με μηχανική βοήθεια. Πολλοί ερευνητές θα ασχοληθούν με την στερεοσκοπία χρησιμοποιώντας και τις νέες τεχνολογίες όπως τη φωτογραφία και την κινούμενη εικόνα.

<sup>43</sup> Nicholas J. Wade, ό.π. σ. 37

<sup>44</sup> Nicholas J. Wade, ό.π. σ. 302

<sup>40</sup> Nicholas J. Wade, ό.π. σ. 300-303

<sup>41</sup> Lenny Lipton, ό.π. σ. 19 / Ian P. Howard, Brian J. Rogers, ό.π. σ. 14

<sup>42</sup> Ian P. Howard, Brian J. Rogers, ό.π. σ. 14-15

3.2 - Στερεοσκοπική απεικόνιση στο 19<sup>ο</sup> αιώνα

- 1833 Charles Wheatstone: Κατασκευή του στερεοσκοπίου με τη χρήση ζεύγους καθρεπτών και ελαφρώς διαφοροποιημένων σχεδίων και αργότερα φωτογραφιών.
- 1833 William Henry Fox Talbot, ανακάλυψη και διατήρηση φωτογραφιών.
- 1837 Daguerre: Νταγκεροτυπία, εξέλιξη στη διατήρηση της φωτογραφικής εικόνας.
- 1841 M.Claudet, πρώτες στερεοσκοπικές φωτογραφίες.
- 1844 Sir David Brewster: Κατασκευή του διαθλαστικού στερεοσκοπίου.
- 1849 Brewster: Ανακάλυψη στέρεο-κάμερας.
- 1850 Louis Blanquart: ανακάλυψη πολύ λεπτού φωτογραφικού χαρτιού.
- 1854 George Swan Nottage: Ίδρυση του London Stereoscopic Company.
- 1855 Barnard: Beam splitter.
- 1857 Alexander Becker: Ατομικό περιστρεφόμενο στερεοσκόπιο.
- 1858 Charles D'Almeida: Πρώτη προβολή αναγλυφίας.
- 1861 Frederick Langenheim: Ίδρυση Stereoscopic Company of New York.
- 1861 Coleman Seller: Kinematoscope («Κινηματοσκόπιο»)
- 1861 Oliver Wendell Holmes: Περισσότερο εργονομικό στερεοσκόπιο.
- 1864 Josef L. Bates: Πρόσθεσε συρόμενη λαβή.
- 1880 August Fuhrmann: Kaiser Panorama.
- 1891 Louis Ducos du Hauron: Ανάγλυφη εικόνα.
- 1891 John Anderton: Προβολή με πολωτικά φίλτρα.

**Εικόνα 15, Συνοπτική χρονολογική ταξινόμηση, 19<sup>ος</sup> αιώνας.**

Ο δέκατος ένατος αιώνας ήταν μια εποχή που έχει χαρακτηριστεί για τις ανακαλύψεις στην τεχνολογία και τη βιομηχανία.<sup>45</sup> Ο όρος επιστήμη αναφέρθηκε πρώτη φορά από τον William Whewell το 1833 και τότε ήταν που εδραιώθηκε ως επάγγελμα.<sup>46</sup> Στην αρχή του αιώνα εξελίχθηκε η ιατρική ενώ συγχρόνως κατανοήθηκε το ανθρώπινο σώμα και αναπτύχθηκε η επιστήμη της ψυχολογίας. Στο μοτίβο αυτό κινήθηκαν και οι έρευνες πάνω στην οπτική αλλά και οι ανακαλύψεις πάνω στην καταγραφή και αποτύπωση. Οι έρευνες στην οπτική απέδωσαν την κατανόηση της ανθρώπινης όρασης που τεκμηριώθηκε με την κατασκευή μέσων αναπαράστασης όπως το στερεοσκόπιο του Wheatstone.

Πολύ σημαντικό ρόλο στην εξάπλωση και βελτίωση της στερεοσκοπικής απεικόνισης είχε φυσικά η ανακάλυψη της φωτογραφίας. Ξεκίνησε με τις ανακαλύψεις του Niepce<sup>47</sup> στην αρχή του αιώνα και συνεχίστηκε με μεγαλύτερη επιτυχία στην αποτύπωση και διατήρηση των εικόνων από τον William Henry Fox Talbot το 1833, ο οποίος κατάφερε να αποτυπώσει σε χαρτί χρησιμοποιώντας μια κάμερα Obscura και χημικές διεργασίες.<sup>48</sup> Την ίδια περίοδο εργάστηκε πάνω στην αποτύπωση φυσικών εικόνων και ο Daguerre, και κατάφερε το 1837 να αποτυπώσει την εικόνα ενός μονοπατιού. Η μέθοδος αυτή ονομάστηκε Νταγκεροτυπία και ήταν μια θετική επαργυρωμένη εικόνα σε πλάκα χαλκού.<sup>49</sup> Ομοίως και άλλοι ερευνητές της εποχής αναζήτησαν καλύτερες τεχνικές αποτύπωσης ενώ ο

<sup>45</sup> Charles More, *Understanding the Industrial Revolution*, εκδόσεις Routledge, London, 2000, σελ 4

<sup>46</sup> Laura J. Snyder, *William Whewell, 1<sup>η</sup> Δημοσίευση 2000, ηλεκτρονικό αντίγραφο 11 Οκτ. 2006*, <http://www.science.uva.nl/~seop/entries/whewell/>

<sup>47</sup> Hugh Honour, John Fleming (1982), *Ιστορία της Τέχνης*, μετάφραση – Ανδρέας Παππάς, Εκδόσεις Υποδομή, 1991, σ. 570

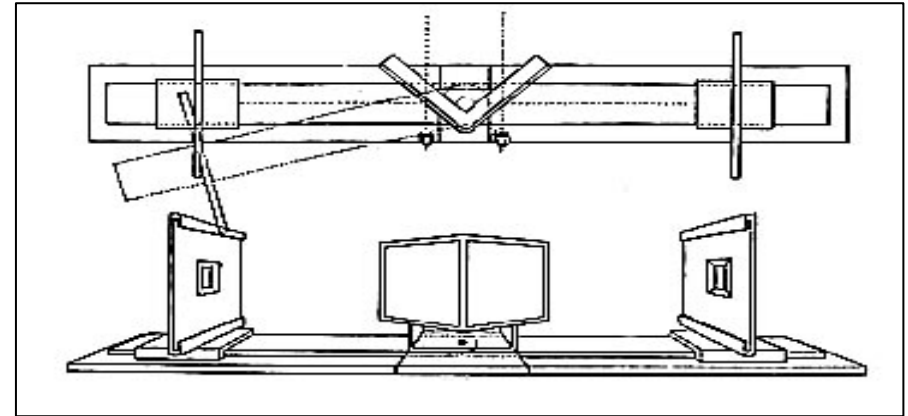
<sup>48</sup> Malcom Daniel, *The Metropolitan Museum of Art, William Henry Fox Talbot (1800–1877) and the Invention of Photography*, [http://www.metmuseum.org/toah/hd/tlbt/hd\\_tlbt.htm](http://www.metmuseum.org/toah/hd/tlbt/hd_tlbt.htm)

κάθε ερευνητής εξέλιξε τις μεθόδους του. Η φωτογραφία ως μορφή τέχνης αμφισβητήθηκε στην αρχή της δεκαετίας, συνέβαλε όμως ώστε η τέχνη να περάσει σε βαθύτερα επίπεδα πέραν αυτά της αναπαράστασης που κυρίως επικρατούσαν μέχρι τότε. Καθώς τον αναπαραστατικό ρόλο τον είχε πια η φωτογραφία ή τέχνη έγινε περισσότερο αφηρημένη με εσωτερικά νοήματα που εξέφραζαν τον καλλιτέχνη και όχι τον αγοραστή.<sup>50</sup>

Ένας από τους γνωστότερους ερευνητές που συνέβαλαν στην στερεοσκοπική απεικόνιση ήταν ο sir Charles Wheatstone. Η αντίληψη της τρίτης διάστασης και το γεγονός ότι βλέπουμε τρισδιάστατα ήταν από μόνο του μια ανακάλυψη που έμενε να αποδειχτεί. Ο Charles Wheatstone είχε ασχοληθεί εκτός από την οπτική και με την ακουστική και είχε δημιουργήσει ένα μουσικό όργανο πρόδρομο του ακορντεόν. Στην μελέτη του για την οπτική έχοντας υπόψη του όλες τις αναφορές από το παρελθόν για την διόφθαλμη όραση ασχολήθηκε με την κατασκευή ενός οργάνου που με τη βοήθεια του μπορούσαν να παρατηρηθούν τρισδιάστατες εικόνες. Ο Wheatstone παρουσίασε στη Royal Scottish Academy of Arts την συσκευή, για την οποία είπε: «*Προτείνω να ονομαστεί στερεοσκόπιο, για να δηλώσει την ικανότητά του να παρουσιάζει συμπαγή σχήματα*».<sup>51</sup>

Συγκεκριμένα το όργανο αυτό αποτελείται από δύο κάτοπτρα όπου το κάθε ένα απεικονίζει διαφορετική εικόνα και ο κάθε οφθαλμός παρατηρεί ένα από τα κάτοπτρα. Με αυτόν τον τρόπο κατάφερε να αποδείξει πως

όταν οι εικόνες είναι ίδιες το αποτέλεσμα είναι να βλέπουμε μια επίπεδη εικόνα, ενώ όταν είναι ελαφρώς διαφορετικές η εικόνα που βλέπουμε είναι πια ανάγλυφη.<sup>52</sup> Στην (εικόνα 16) βλέπουμε την μορφή του



**Εικόνα 16,** Σκίτσο στερεοσκοπίου Wheatstone με δύο καθρέπτες, πηγή: <http://www.barnxbas.com/earthlink%20Site%202/abarn/wheatstone.html>

στερεοσκοπικού οργάνου του Wheatstone. Τα κάτοπτρα είχαν μεταξύ τους γωνία 90° και 45° σε σχέση με κάθε οφθαλμό και μπορούσε κάποιος να τα δει τοποθετώντας τους οφθαλμούς του μπροστά από μια πρισματική επιφάνεια η οποία επέβαλε σε κάθε οφθαλμό να δει διαφορετική εικόνα. Τα κάτοπτρα καθρέπτιζαν τις ανεστραμμένες εικόνες από τα πλαϊνά πλαίσια. Προκειμένου να αποφύγει να χρησιμοποιεί ανεστραμμένες εικόνες ώστε το είδωλο στο κάτοπτρο να φαίνεται ορθό βελτίωσε τη διάταξη προσθέτοντας δύο ακόμη κάτοπτρα.

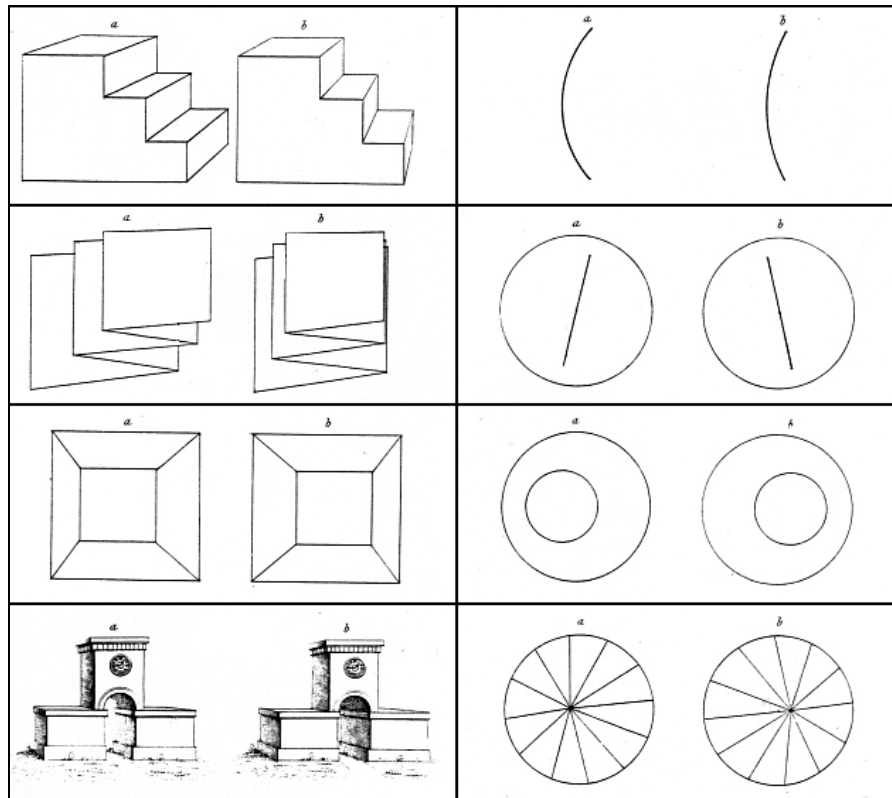
<sup>49</sup> Malcom Daniel, The Metropolitan Museum of Art, *Daguerre (1787–1851) and the Invention of Photography*, [http://www.metmuseum.org/toah/hd/dagu/hd\\_dagu.htm](http://www.metmuseum.org/toah/hd/dagu/hd_dagu.htm)

<sup>50</sup> Η.Η. Άρνασον, *Ιστορία της σύγχρονης τέχνης*, επιμέλεια-Μιλτιάδης Παπανικολάου, μετάφραση-Φώτης Κοκαβέστης, 2<sup>η</sup> έκδοση Επίκεντρο, 2006, σ. 23-28

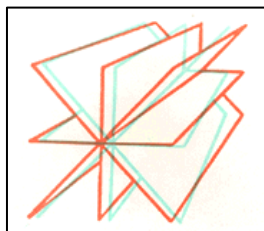
<sup>51</sup> Ray Zone, ό.π. σ. 5

<sup>52</sup> Ian P. Howard, Brian J. Rogers, ό.π. σ.18-19





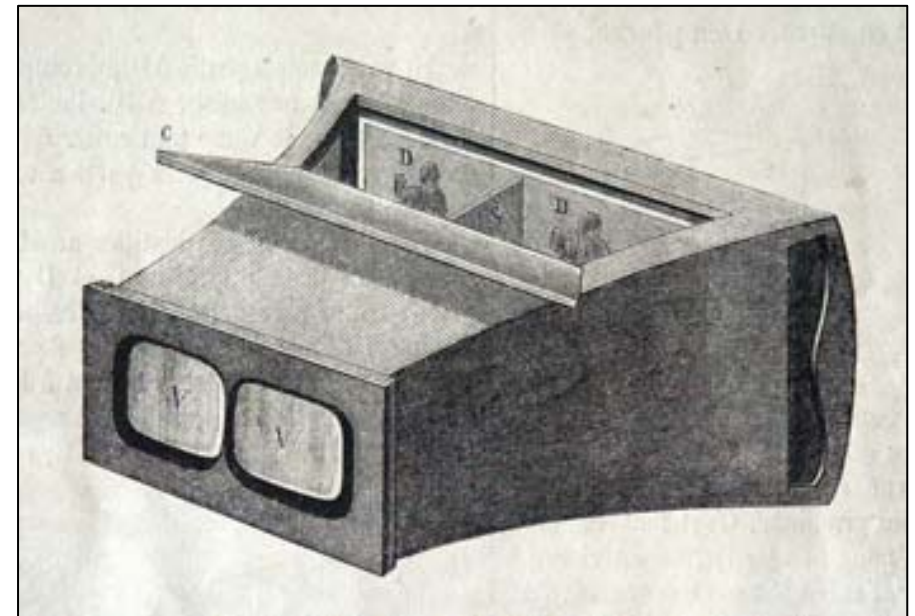
**Εικόνα 18,** Ελεύθερη παρατήρηση, Σκίτσα Wheatstone, πηγή: <http://www.stereoscopy.com/library/wheatstone-paper1838.html>.



**Εικόνα 19,** 3D ανάγλυφο

Μέσα στο μακροσκελές κείμενο που παρουσίασε για την στερεοσκοπική συσκευή του και την διόφθαλμη όραση συμπεριέλαβε και μερικά σκίτσα τα οποία αποδείκνυαν, παρατηρώντας τα μέσα από την συσκευή, πως μπορούμε να έχουμε ένα τρισδιάστατο αποτέλεσμα μέσω δυο ελαφρώς

διαφορετικών διαστάσεων εικόνων<sup>53</sup> (εικόνα 17, εικόνα 18).



**Εικόνα 17,** Στερεοσκόπιο Brewster, πηγή: <http://users.telenet.be/thomasweynants/stereoscope.html>

Η θέαση στερεοσκοπικών εικόνων βελτιώθηκε ακόμη περισσότερο με την ανακάλυψη της φωτογραφίας, Έτσι τα πρώτα στερεοσκοπικά σύνολα έγιναν με τη μέθοδο της καλλοτυπίας του Talbot. Το 1841 ο φωτογράφος M.Claudet παρήγαγε τις πρώτες στερεοσκοπικές φωτογραφίες, ενώ οι πρώτες εικόνες πουλήθηκαν το 1846 στο Λονδίνο.<sup>54</sup> Η δυσκολία όμως παρατήρησης των εικόνων με το μεγάλου μεγέθους στερεοσκόπιο του Wheatstone δεν βοήθησε τη φήμη της στερεοσκοπίας.

<sup>53</sup> Ray Zone, ό.π. σ. 7  
<sup>54</sup> Ray Zone, ό.π. σ. 9

Ωστόσο η στερεοσκοπική παραγωγή και θέαση εικόνων έγινε γνωστή στο ευρύ κοινό με την κατασκευή ενός περισσότερο εργονομικού εύχρηστου και καλαίσθητου οργάνου (εικόνα 19) που επινόησε ο Sir David Brewster. Ο Brewster ήταν φυσικός επιστήμων και εφευρέτης. Επινόησε το καλειδοσκόπιο το 1816 ενώ μερικά χρόνια αργότερα κατασκεύασε ένα νέο τύπο στερεοσκοπίου που βασιζόταν στο φαινόμενο της διάχυσης.<sup>55</sup>

Το στερεοσκόπιο του Brewster ήταν ένα πρισματικό στερεοσκόπιο με κομμένους στη μέση αμφίκυρτους φακούς τοποθετημένους στην μπροστινή όψη σε αντιστοιχία με τους οφθαλμούς. Επρόκειτο για κουτί φωτοστεγανό που στην πίσω επιφάνεια στηριζόταν το στέρεο-ζεύγος. Έχοντας στα χέρια του ένα τόσο εύχρηστο όργανο ο Brewster συμμετείχε στην έκθεση Crystal Place στο Λονδίνο με μία σειρά στέρεο-ζευγών. Αυτό ήταν και η αρχή της διάδοσης του στερεοσκοπίου αφού όλοι έσπευσαν να δουν τον τρισδιάστατο κόσμο μέσα από αυτό.<sup>56</sup>

Το 1854 ο George Swan Nottage ίδρυσε τον στερεοσκοπικό σύλλογο του Λονδίνου (London stereoscopic Company)<sup>57</sup> όπου μέσα σε τέσσερα μόλις χρόνια είχε καταφέρει να πουλήσει 100.000 ζεύγη φωτογραφιών. Ενώ στην Αμερική ιδρύθηκε το 1861 από τον Frederick Langenheim ο στερεοσκοπικός σύλλογος της νέας Υόρκης (Stereoscopic Company in New York) και σε αυτόν συμμετείχαν εκατοντάδες επαγγελματίες φωτογράφοι οι οποίοι παρήγαγαν εκατομμύρια στερεοσκοπικές εικόνες που διασκέδαζαν το ευρύ κοινό με τη θαλπωρή του σπιτιού τους.<sup>58</sup> Την ίδια

<sup>55</sup> Lenny Lipton, ό.π. σ. 24

<sup>56</sup> Ian P. Howard, Brian J. Rogers, ό.π. σ. 21

<sup>57</sup> Brian May, Elena Vidal, Ιστοσελίδα για London stereoscopic Company, <http://www.londonstereo.com/index.html>, 2012

<sup>58</sup> Ian P. Howard, Brian J. Rogers, ό.π. σ. 22

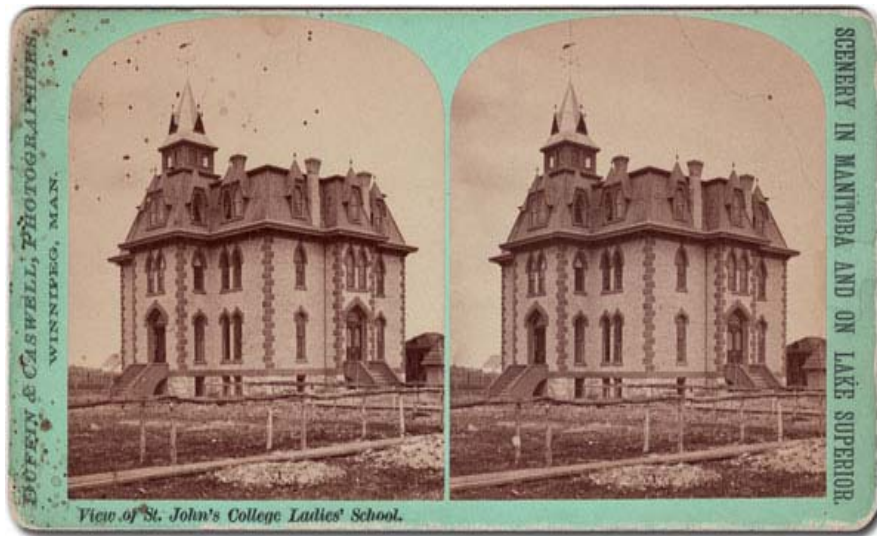


**Εικόνα 20**, Στερεοσκόπια με λαβή τύπου Holmes- Bates, πηγή: [http://webh01.ua.ac.be/elmc/website\\_FL/Stereophotography.htm](http://webh01.ua.ac.be/elmc/website_FL/Stereophotography.htm)

χρονιά μια παραλλαγή του στερεοσκοπίου προτάθηκε από τον Oliver Wendell Holmes το οποίο ήταν περισσότερο εργονομικό από αυτό του Brewster και η μορφή του είναι η πιο γνωστή μέχρι σήμερα. Ο Holmes ήταν αυτός που εισήγαγε τον όρο στερεόγραμμα και έγραψε ποιητικά κείμενα πάνω στη φωτογραφία και τη στερεογραφία.<sup>59</sup> Το 1864 ο συνεργάτης του Holmes, Joseph L. Bates πρόσθεσε μία συρόμενη λαβή, ώστε η εικόνα να προσαρμόζεται ανάλογα στις οπτικές δυνατότητες κάθε θεατή (εικόνα 20).<sup>60</sup>

<sup>59</sup> Ray Zone, ό.π. σ. 11-13

<sup>60</sup> Ray Zone, ό.π. σ. 13



Εικόνα 21, στέρεο-ζεύγος, πηγή:

<http://www.mhs.mb.ca/docs/features/manitoba3d/index.shtml>

Η φωτογραφία και η στερεοσκοπική απεικόνιση έγιναν πια αλληλένδετα. Προκειμένου λοιπόν να παραχθεί μια τρισδιάστατη εικόνα χρειαζόταν δυο ελαφρώς διαφορετικές δισδιάστατες φωτογραφίες. Η λήψη του στέρεο-ζεύγους γινόταν είτε με τη χρήση μιας φωτογραφικής μηχανής, σε δυο διαδοχικές λήψεις που γινόταν με παράλληλη μετατόπιση της μηχανής, ή με δυο φωτογραφικές μηχανές τοποθετημένες παράλληλα. Σε κάθε περίπτωση οι μηχανές ήταν συνήθως πάνω σε μια μακρόστενη ράβδος στηριγμένη σε ένα τρίποδο που έφερε δύο προεξοχές στήριξης για τις φωτογραφικές μηχανές.<sup>61</sup> Η κατασκευή ωστόσο των στερεοσκοπικών εικόνων ήταν αρκετά δύσκολη και απαιτούσε ακρίβεια

<sup>61</sup> Gaston Tissandier, J. Thomson, *A history and handbook of photography*, Arno press, London, 1876, σ. 293-296

και γνώσεις. Ο Brewster μελέτησε το 1849 το σχεδιασμό της στέρεο-κάμερας την οποία και πραγματοποίησε. Στο βιβλίο του για την στερεοσκοπία ο Brewster επισήμανε πως σε μία στερεοσκοπική φωτογραφική μηχανή οι φακοί θα πρέπει να απέχουν όσο και οι ανθρώπινοι οφθαλμοί.<sup>62</sup> Η κάμερα αυτή είχε ένα συγκεκριμένο forma διαστάσεων 9x18 cm πάνω στο οποίο καταγράφονταν δύο ελαφρώς διαφορετικές εικόνες διαστάσεων 8x8 cm (εικόνα 21) όπου τα κέντρα τους είχαν απόσταση 8 cm και το πάνω μέρος είχε σχήμα τόξου. Η μορφή αυτή του στέρεο-ζεύγους ήταν πολύ διαδεδομένη και επικράτησε για πολλά χρόνια.<sup>63</sup>

Το 1855 ο γάλλος Barnard επινόησε ένα εξάρτημα κατασκευασμένο από κατάλληλα συνδυασμένα κάτοπτρα, που προσαρμοζόταν μπροστά από τον φακό της μηχανής και την μετέτρεπε σε στέρεο-κάμερα. Το εξάρτημα αυτό ονομάζεται σήμερα beam splitter και διαφέρει ελάχιστα από τον πρόγονο του.<sup>64</sup> Οι νέες αυτές βελτιώσεις οδήγησαν ώστε οι στέρεο-κάμερες να γίνουν φορητές και χρησιμοποιούνταν πια και από ερασιτέχνες.

<sup>62</sup> Ray Zone, ό.π.σ. 10

<sup>63</sup> Βασιλική Χερουβείμ, *Στερεοσκοπική Φωτογραφία*, πτυχιακή εργασία ΤΕΙ Αθήνας, Δρ Αθανάσιος Αραβαντινός, τμήμα Φωτογραφίας, Νοέμβρης 2000, σ. 29

<sup>64</sup> Fritz G. Waack, *Stereo photography – a little history*, <http://www.stereoscopy.com/library/waack-ch-2.html>



Εικόνα 22, ανάγλυφη εικόνα, πηγή:

<http://www.mhs.mb.ca/docs/features/manitoba3d/index.shtml>

Μια άλλη μορφή τρισδιάστατης εικόνας που έκανε την εμφάνιση της εκείνη την εποχή ήταν η τρισδιάστατη ανάγλυφη εικόνα που δίνει την αίσθηση του "ανάγλυφου". Άλλωστε από εκεί προέρχεται και το όνομα της. Η εικόνα δηλαδή που παρουσιάζει βάθος πεδίου και την ψευδαίσθηση της τρίτης διάστασης. Ο όρος της "αναγλυφίας" επικράτησε διεθνώς και σημαίνει "παράσταση εξέχουσα από την επιφάνεια στην οποία απεικονίζεται". Τον όρο ανάγλυφη εικόνα εισήγαγε ο Louis Ducos

du Hauron το 1891 και πρόκειται για τον πιο διαδεδομένο μέχρι και σήμερα τρόπο θέασης των στερεοφωτογραφιών.<sup>65</sup> Η παρατήρηση των "ανάγλυφων" εικόνων βασιζόταν στη χρήση δυο χρωματικών φίλτρων που διαχώριζαν τις δύο στερεοσκοπικές εικόνες, οι οποίες πια παρατηρούνταν με γυαλιά που διέθεταν αντίστροφα φίλτρα. Οι εικόνες είτε τυπώνονταν ή προβάλλονταν με τα κατάλληλα φίλτρα ή μια πάνω στην άλλη, τηρώντας κάποια ομόλογα σημεία.<sup>66</sup>

Ο Louis Ducos du Hauron από το 1862 είχε σχεδιάσει μια φωτογραφική μηχανή που παρήγαγε τρία αρνητικά φιλμ που το κάθε ένα θα τυπωνόταν με διαφορετικό έγχρωμο φίλτρο· αυτή ήταν και η αρχή της έγχρωμης φωτογραφίας.<sup>67</sup> Βασισμένος σε αυτή τη μέθοδο το 1891 τύπωσε δυο ελαφρώς διαφορετικές εικόνες με δυο διαφορετικά χρωματικά φίλτρα. Συγκεκριμένα χρησιμοποίησε κόκκινο και κυανό και έδωσε την πρώτη ανάγλυφη εικόνα (εικόνα 21).<sup>68</sup> Σαν μέθοδος η αναγλυφία με συμπληρωματικά χρώματα έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στα βιβλία, στα περιοδικά, στον κινηματογράφο, την τηλεόραση και σε γραμμικά τρισδιάστατα σχέδια. Αναγλυφίες κατάφεραν να παρουσιάσουν ερευνητές νωρίτερα από τον Hauron όπως ο Heinrich W.Dove το 1841, και το 1853 ο Wilhelm Rollmann, ενώ η πρώτη προβολή με κόκκινο και μπλε φίλτρο έγινε από τον Charles D'Almeida το 1858.<sup>69</sup>

Συγκεκριμένα στη μέθοδο της αναγλυφίας γίνεται προβολή των στέρεο-ζευγών με τη χρήση δυο προβολέων, ο ένας διαθέτει κυανό φίλτρο ενώ ο

<sup>65</sup> Brian Coe, *Color Photography: the first hundred years 1840-1940*, Ash & Grant, 1978, ηλεκτρονική έκδοση από Google books, 2009, σ. 30-48

<sup>66</sup> Stereoscopy.com Fag, *Anaglyphs*, <http://www.stereoscopia.com/faq/anaglyphs.html>

<sup>67</sup> Brian Coe, ό.π. σ. 84,112

<sup>68</sup> Ray Zone, ό.π.σ. 53-55

δεύτερος κόκκινο, ενώ αντίστοιχα ο θεατής φοράει γυαλιά με αντίστροφα τα ζεύγη των φίλτρων έτσι ώστε να διακόπτονται αντίστοιχα οι χρωματικές ακτίνες από τα συμπληρωματικά φίλτρα και το κάθε μάτι να διαβάζει διαφορετική εικόνα. Το ίδιο αποτέλεσμα παίρνουμε και με την εκτύπωση των δυο αυτών εικόνων εφόσον τυπωθούν η μια πάνω στην άλλη με το κατάλληλο φίλτρο και στην κατάλληλη θέση, αντίθετη από αυτή του οπτικού οργάνου. Αν και η μέθοδος της αναγλυφίας με τη χρήση κόκκινου και κυανού φίλτρου είναι ευρύτερα διαδεδομένη, χρησιμοποιήθηκαν και άλλα ζεύγη χρωματικών φίλτρων όπως το ματζέντα με πράσινο ή κόκκινο με μπλε. Στην κάθε περίπτωση οι λόγοι χρήσης διαφορετικών φίλτρων είναι η μείωση τυχών σφαλμάτων εξαιτίας των χρωμάτων των απεικονιζόμενων αντικειμένων. Παρόμοια δυνατότητα δίνουν και τα πολωτικά φίλτρα που αντίστοιχα με τα χρωματιστά χρειάζονταν αντιστροφή της πόλωσης ώστε κάθε οφθαλμός να μπορεί να δει διαφορετική εικόνα. Η μέθοδος αυτή έγινε γνωστή από τον J.Anderton το 1891.<sup>70</sup> Και στις δύο όμως περιπτώσεις η ευρύτερη διάδοση έγινε αρκετά χρόνια αργότερα στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα.

Τη δεκαετία 1850-1860 η διάδοση του στερεοσκοπίου ήταν αστραπιαία και εκατομμύρια θεατές απολάμβαναν το νέο θέαμα που είχε τότε τη διάσταση της σημερινής τηλεόρασης. Πολλοί φωτογράφοι ασχολήθηκαν με την παραγωγή στέρεο-ζευγών, μερικοί από αυτούς χωρίς επιτυχία εφόσον δεν διέθεταν τα κατάλληλα μέσα και γνώσεις. Ακόμη και ερασιτέχνες ασχολήθηκαν, ειδικά με την παρουσίαση στην αγορά εύχρηστων μικρής διάστασης φωτογραφικών στερεοσκοπικών μηχανών.<sup>71</sup>

<sup>69</sup> Lenny Lipton, ό.π. σελ 31-32

<sup>70</sup> Ray Zone, ό.π. σ. 64-66

<sup>71</sup> Gordon Goldsborough, *Manitoba in 3D*,

<http://www.mhs.mb.ca/docs/features/manitoba3d/index.shtml#anaglyphs>

Αυτό όμως που αρχικά ήταν ο παράγοντας ώστε το στερεοσκόπιο να μπει σε εκατομμύρια βικτωριανά σπίτια ήταν η μαζική παραγωγή στερεοσκοπίων από βιομηχανίες όπως η Negretti & Zambra.<sup>72</sup> Επιπλέον η ανακάλυψη ενός λεπτού φωτογραφικού χαρτιού από τον Louis Blanquart το 1850 που χρησιμοποιήθηκε ευρύτερα, όπως και για τις "card de visit", έκανε ιδιαίτερα εύκολη την παραγωγή στέρεο-καρτών.<sup>73</sup>

Δεν ήταν αρκετό μόνο να κατασκευάσουν τα στερεοσκόπια αλλά και να τα βελτιώσουν σχεδιαστικά και σε εμφάνιση χρησιμοποιώντας ακριβά ξύλα και σκαλιστές επιφάνειες. Παράλληλα και η εταιρία Underwood & Underwood κατασκεύασε πάνω από δέκα εκατομμύρια στερεοσκόπια, για να καλύψει την ζήτηση.<sup>74</sup> Το πλήθος των στερεοφωτογραφιών που τυπώθηκαν κινούνταν συνήθως σε θέματα, όπως τοπία και αξιοθέατα από μακρινές χώρες, ερωτικές σκηνές, πορτρέτα και σκηνές δημοφιλών προσώπων, εικόνες από ειδησεογραφικά γεγονότα, και πολλά άλλα, που μάλιστα συχνά είχαν και τη μορφή ιστορίας με τη χρήση πολλαπλών καρτών. Οι αρχαιολογικοί χώροι ήταν από τα πιο διάσημα θέματα όπως και τα αξιοθέατα της Ελλάδος είχαν φυσικά φωτογραφηθεί και ταξιδέψει σε Αμερική και Ευρώπη. Η στερεοσκοπική φωτογραφία παρείχε το μέσο με το οποίο οι μορφωμένες και μεσαίες τάξεις μπορούσαν να ταξιδέψουν έμμεσα σε μακρινές χώρες και να θαυμάσουν τα απομεινάρια λαμπρών αρχαίων πολιτισμών.<sup>75</sup> Είναι δύσκολο σήμερα να κατανοήσουμε πόσο απίθανο και μαγικό φάνταζε για κάποιον να κοιτάζει τρισδιάστατες

<sup>72</sup> John Hannavy, *Encyclopedia of nineteenth-century photography*, Τόμος 1, Taylor and Francis Group, LLC, NY, 2008, σ. 986

<sup>73</sup> Ray Zone, ό.π. σ. 13

<sup>74</sup> John Hannavy, ό.π. σ. 263

<sup>75</sup> John Hannavy, ό.π. σ. 1406

στερεοσκοπικές εικόνες του Παρθενώνα και των φημισμένων μνημείων της Μεσογείου, καθισμένος απλώς στο γραφείο του.

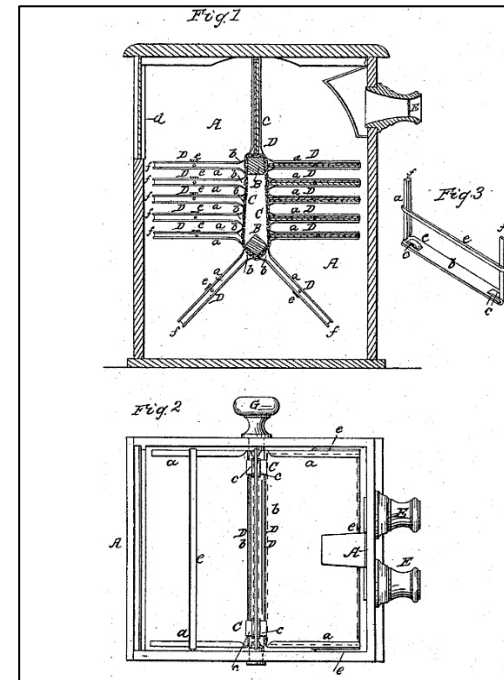


**Εικόνα 24**, Περιστρεφόμενο στερεοσκόπιο, πηγή: <http://users.telenet.be/thomasweynants/stereoscope.html>

Οι στερεοσκοπικές φωτογραφίες και κυρίως τα οφέλη της τρισδιάστατης εικόνας οδήγησαν τους ερευνητές να στρέψουν την προσοχή τους και σε άλλους τομείς της επιστήμης και της ζωής πέραν της ψυχαγωγίας, όπως ήταν ο στρατός η ιατρική και η χαρτογράφηση (κεφάλαιο 5.4). Δεν ήταν μόνο η φωτογράφιση και καταγραφή ανάλογων θεμάτων, ώστε να γίνεται λεπτομερής παρατήρηση από κάθε επαγγελματία, αλλά επίσης κατασκευάστηκαν ειδικές κάμερες. Επηρεάστηκε επίσης η εξέλιξη της φωτογραφίας με τρόπο θετικό όχι μόνο στην ποιότητα της εικόνας αλλά και στη θεματολογία. Οι σκηνοθετημένες λήψεις, ώστε να παραχθεί κάποια ιστορία, οδήγησε και στην βελτίωση της σύνθεσης του κάδρου στην απλή φωτογραφία. Επιπλέον ήταν ο σημαντικότερος παράγοντας για την αναζήτηση και παραγωγή της κινούμενης εικόνας. Ωστόσο η θεαματική διάδοση της στερεοσκοπικής εικόνας και η ώθηση στη μαζική παραγωγή ήταν και η κύρια αιτία για την παρακμή της στερεοσκοπίας,<sup>76</sup> αφού πολύ σύντομα στο όνομα του γρήγορου κέρδους πολλοί φωτογράφοι και εργαστήρια παρήγαγαν στερεοσκοπικές εικόνες που η κακή ποιότητα μόνο πονοκέφαλο μπορούσε να προκαλέσει παρά θέαμα. Η κακή

<sup>76</sup> Gordon Goldsborough, ό.π.

ποιότητα όμως, έθεσε τις βάσεις και δημιουργήθηκε η ανάγκη για κάτι νέο που είχε ήδη αρχίσει με το περιστρεφόμενο στερεοσκόπιο (εικόνα 23)

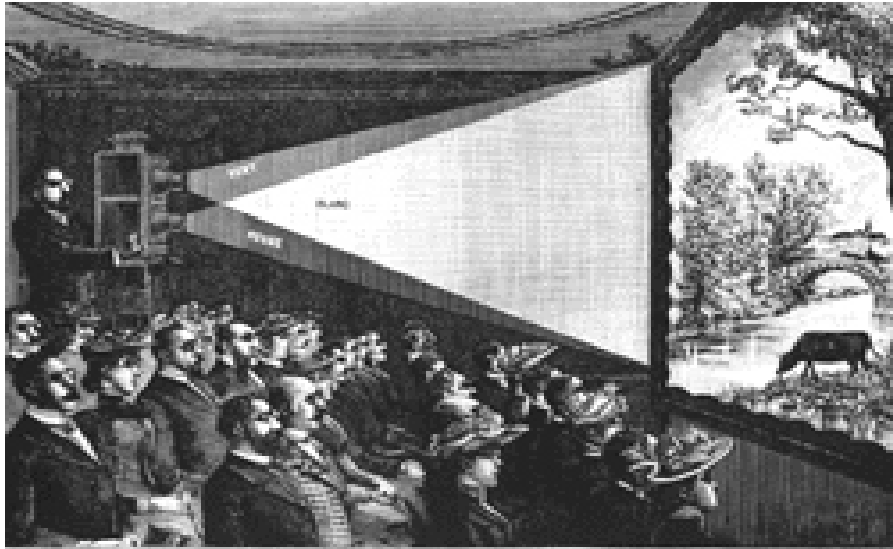


**Εικόνα 23**, τομή περιστρεφόμενου στερεοσκοπίου, πηγή: Ray Zone, *Stereoscopic cinema & the origins of 3-D film, 1838-1952*, University press of Kentucky, 2007, σ.16

και την εντύπωση της κίνησης. Το 1857 ο Alexander Becker δημιούργησε ατομικά περιστρεφόμενα στερεοσκόπια, τα οποία διέθεταν μια σειρά από εικόνες που συνήθως δημιουργούσαν μια ιστορία. Τα στερεοσκοπικά ζεύγη ήταν τοποθετημένα σε μια περιστρεφόμενη αλυσίδα και άλλαζαν χειροκίνητα<sup>77</sup> (εικόνα 23,24). Το στερεοσκόπιο με περισσότερες εικόνες ενέπνευσε πολλούς ερευνητές και μια σειρά κατασκευών εμφανίστηκαν εκείνη την εποχή. Ενδεικτικά μερικά από τα ονόματα των κατασκευών αυτών είναι: Photobioscope, Bioscope, Fantascopic Motoscope, Omniscope, Thaumarrope Phenakistoscope, Stereophoroscope, Zoetrope και άλλα. Τα περισσότερα από αυτά δεν έτυχαν ευρείας εφαρμογής, ίσως το πιο

<sup>77</sup> Ray Zone, ό.π. σ. 15-18

φιλόδοξο ήταν το Omniscope.<sup>78</sup> Συγκεκριμένα το Omniscope ήταν κατασκευή του Henry DuMont, η οποία έμοιαζε με πρόδρομο του προβολέα και επέτρεπε την παρακολούθηση της τρισδιάστατης εικόνας με τη χρήση ανάγλυφων κόκκινων και μπλε γυαλιών (εικόνα 25).<sup>79</sup>



**Anaglyph Magic Lantern show  
in France circa 1890**

**Εικόνα 25**, *anaglyph magic Lantern show*, πηγή:  
<http://ironicresearch.com/stereo3d/movie3d.html>

Το 1861 ο Coleman Seller κατασκεύασε το Kinetoscope («Κινηματοσκόπιο»), περίπου τριάντα χρόνια πριν την εφεύρεση του

<sup>78</sup> Ray Zone, ό.π. σ. 20-34

<sup>79</sup> Ray Zone, ό.π.σ. 28

κινηματογράφου, στο οποίο χρησιμοποιούταν ένας ειδικός τροχός με στερεοζεύγη απλών φωτογραφιών. Αυτά συνέθεταν κινούμενη εικόνα καθώς ο τροχός περιστρεφόταν και έτσι έδινε τρισδιάστατη ψευδαίσθηση όταν παρατηρούνταν μέσω στερεοσκοπίου. Ωστόσο, πρώτος που κατασκεύασε πραγματικό στερεοσκοπικό κινηματογραφικό εργαλείο θεωρείται ο Fiese-Greene, Βρετανός πρωτοπόρος της φωτογραφίας. Βασιζόμενος στην εφεύρεση μηχανής λήψης κινούμενων εικόνων του Edison, κατασκεύασε το 1889 μία συσκευή, η οποία αντιθέτως με όλα τα προηγούμενα συστήματα, χρησιμοποιούσε φωτογραφίες που απεικόνιζαν κίνηση σε πραγματικό χρόνο, αντί για σχέδια ή απλές φωτογραφίες, συνενωμένες σε ταινία.<sup>80</sup>

Με την ίδια λογική του κινηματοσκοπίου ο August Fuhrmann, γύρω στο 1890, δημιούργησε ένα μεγαλύτερο σε μέγεθος περιστρεφόμενο στερεοσκόπιο με το οποίο επιθυμούσε περισσότεροι άνθρωποι να απολαμβάνουν συγχρόνως το θέαμα των στερεοφωτογραφιών. Η λειτουργία του βασιζόταν στις αρχές της στερεοφωτογραφίας και η διακριτή διαφορά με το στερεοσκόπιο, που μπορούσε ο καθένας να έχει σπίτι του, ήταν καταρχήν, το μέγεθός του το οποίο βοηθούσε στην ταυτόχρονη θέαση από 25 άτομα (εικόνα 26). Αλλά κυρίως ήταν η περιστροφική κίνηση των πολλαπλών στερεοφωτογραφιών έτσι ώστε να εναλλάσσονται από θεατή σε θεατή.<sup>81</sup>

Η κατασκευή αυτή ονομάστηκε Kaiser panorama και η μορφή του ήταν πολυγωνική έως και 25 πλευρών. Κάθε θεατής καθόταν σε μια πλευρά και

<sup>80</sup> Lenny Lipton, ό.π. σ. 28-30

<sup>81</sup> Stephen Herbert, *History of pre-cinema*, Τόμος 2, Routledge, 2<sup>η</sup> έκδοση, 2001, σ. 9-10



Εικόνα 26, Kaiser panorama, ελεύθερη παρατήρηση, πηγή: <http://www.cyclopital3d.com/index.html>

μπορούσε να δει το θέαμα μέσα από δυο σπές παρόμοιες με αυτές του απλού στερεοσκοπίου, κάθε θέση διέθετε ένα μικρό τραπεζάκι-προεξοχή για την άνεση του θεατή. Εσωτερικά ένα δαχτυλίδι περιστρέφει τις διαφάνειες που ήταν συνήθως διπλάσιες σε αριθμό από τις θέσεις ώστε να φτάνουν ανά διαστήματα σε κάθε θεατή, ενώ μια λάμπα πίσω από τις εικόνες φώτιζε το θέαμα. Είχαν την μορφή θεάτρου και μπορούσες να τα παρακολουθήσεις φυσικά, αφού προμηθευόσουν εισιτήριο. Αυτό το

τρισδιάστατο θέατρο λειτούργησε μεταξύ του 1880 με 1920 και υπήρξαν πολλά παρατηρητήρια σε όλη την Ευρώπη.<sup>82</sup>

<sup>82</sup> Κατερίνα Χαρατζοπούλου, *εικονική πραγματικότητα και πολιτιστική κληρονομιά*, Αρχαιολογία και τέχνες, Τεύχος 97, 2005, σ. 118-120, [http://www.arxaiologia.gr/assets/media/PDF/migrated/97\\_118-120.pdf](http://www.arxaiologia.gr/assets/media/PDF/migrated/97_118-120.pdf)



### 3.3 - Στερεοσκοπική απεικόνιση στον 20<sup>ο</sup> αιώνα

- 1923 Shutter glasses στον κινηματογράφο.
- 1936 βελτίωση το φιλμ σε ρολό που εισήγαγε ο George Eastman.
- 1939 William B. Gruber: View-master.
- 1940 John Logie Baird, 3D τηλεόραση, ο θεατής σε συγκεκριμένη σταθερή θέση.
- 1947 David White: Stereo-realist.
- 1947 Dennis Gabor: Ολόγραμμα.
- 1959 Η [Bela Julesz](#): dot stereogram – autostereogram.
- 1975 Η [Steven Sasson](#), καταγραφή ψηφιακής εικόνας.
- 1980 Jerry Nims και ο Allan Lo: Nimslo camera, lenticular εκτύπωση
- 1981 ψηφιακή φωτογραφική μηχανής Mavica από τη Sony.

**Εικόνα 27**, Συνοπτική χρονολογική ταξινόμηση, 20<sup>ος</sup> αιώνας.

Η βιομηχανική επανάσταση ξεκίνησε από τα τέλη του 18<sup>ου</sup> αιώνα, απογειώθηκε τον 19<sup>ο</sup> αιώνα και συνεχίστηκε και στον 20<sup>ο</sup>. Ο αιώνας χαρακτηρίστηκε από τις δραστικές αλλαγές του τρόπου ζωής στην πλειοψηφία των ανθρώπων, ως αποτέλεσμα των πολιτικών αλλαγών, της οικονομίας, της επιστήμης ακόμη και της κουλτούρας. Επιστημονικές ανακαλύψεις, όπως η θεωρία της σχετικότητας, απέδειξαν πόσο πολύπλοκότερος είναι ο κόσμος σε σχέση με τα πιστεύω μέχρι τότε. Ήταν ο αιώνας που ξεκίνησε με άλογα και απλές μηχανές και κατέληξε με πολυτελή αυτοκίνητα και ταξίδια στο διάστημα. Φυσικά δεν θα έμενε ανέγγιχτος ο τομέας της φωτογραφίας και στερεοσκοπικής απεικόνισης. Όλα ξεκίνησαν με τις έρευνες πάνω στην βελτίωση του φιλμ και κατέληξαν στις πρώτες ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές.

Στις αρχές του εικοστού αιώνα ένα νέο δεδομένο έγινε ευρέως γνωστό στον κόσμο της φωτογραφίας, διευκόλυνε τη λήψη φωτογραφιών, μείωσε την τιμή των αναλωσίμων και των φωτογραφικών μηχανών και άλλαξε γενικότερα την νοοτροπία της φωτογράφισης. Η εξέλιξη αυτή ήταν το αρνητικό φιλμ σε ρολό που δημιούργησε ο George Eastman δημιουργός της Kodak το 1885 και βελτίωσε στις αρχές του αιώνα με αποτέλεσμα να γίνουν αρκετά δημοφιλή.<sup>83</sup> Η στέρεο-φωτογράφιση ωστόσο παρέμενε δύσκολη για το ευρύ κοινό και δεν είδε ιδιαίτερη άνθιση με τα νέα δεδομένα. Για τη διευκόλυνση της λήψης στέρεο-φωτογραφιών πολλές στερεοσκοπικές κάμερες εμφανίστηκαν στις αρχές του αιώνα. Συνοπτικά έχουμε την Stereoflektoscope από τον Voigtlander και την Heidoscope και Rolleidoscope από τους Franke και Heidecke το 1927. Η Rolleidoscope έπαιρνε φιλμ τύπου 120 mm και παρήγαγε στέρεο-ζεύγη με τη χρήση δύο φακών ενώ διέθετε και ένα τρίτο για σκόπευση. Λίγο αργότερα δημιούργησαν και την Rolleiflex που ήταν διοπτική μηχανή ρεφλέξ. Επίσης ο Jules Richard δημιούργησε την Verascope που έπαιρνε 35 mm φιλμ όμως δεν γνώρισε επιτυχία λόγω της ακόμη κακής ποιότητας του μικρού φιλμ.<sup>84</sup>

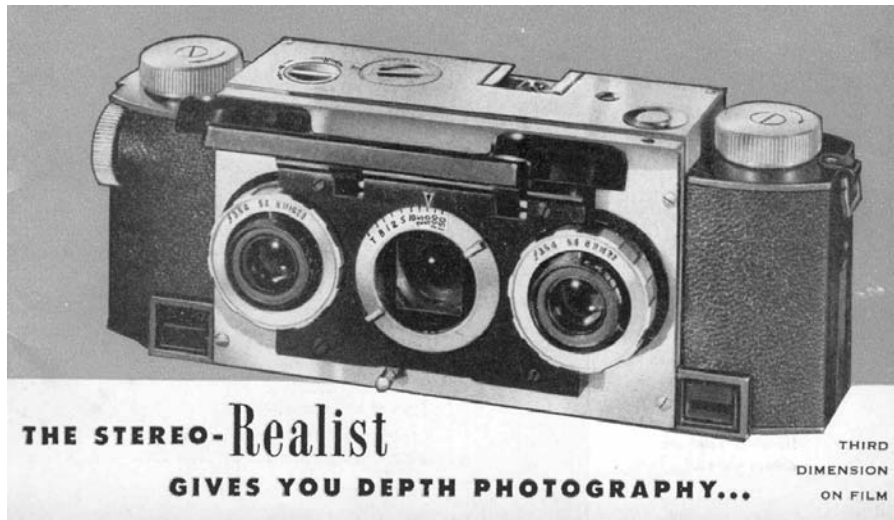
Μετά όμως το 1936 το 35 mm φιλμ βελτιώθηκε και επιπλέον έγινε έγχρωμο. Ένας ακόμη παράγοντας που έφερε ξανά στο προσκήνιο την τρισδιάστατη απεικόνιση ήταν η καλής ποιότητας στέρεο-κάμερα του

<sup>83</sup> George Eastman House, *Film*, <http://notesonphotographs.eastmanhouse.org/index.php?title=Film>, 2009

<sup>84</sup> Camerapedia, Ιούλιος 2010, [http://www.camerapedia.org/wiki/Stereo\\_camera](http://www.camerapedia.org/wiki/Stereo_camera), 2009



Εικόνα 28, στερεοσκοπικές φωτογραφικές μηχανές, πηγή:  
[http://www.camerapedia.org/wiki/Stereo\\_camera](http://www.camerapedia.org/wiki/Stereo_camera)



Εικόνα 29, stereo Realist, πηγή:  
[http://www.cameramanuals.org/pdf\\_files/stereo-realist03.pdf](http://www.cameramanuals.org/pdf_files/stereo-realist03.pdf), σ.2

David White που προωθήθηκε στην αγορά από το 1947 έως το 1971. Η Stereo-realist<sup>85</sup> διαθέτει δύο φακούς εστιακής απόστασης 35mm και ένα φακό σκόπευσης ενδιάμεσα (εικόνα 29). Είχε συγκεκριμένο "forma" το οποίο έγινε πολύ δημοφιλές και επικράτησε για αρκετό διάστημα. Από την ίδια εταιρία παράχθηκαν συσκευές για την θέαση των τρισδιάστατων εικόνων όπως "viewers" και προβολείς (Stereo-realist viewer, Stereo-realist projector).

Το 1915 ο Edwin Porter και ο William Waddell παρουσίασαν στο κοινό ανάγλυφη προβολή δύο ελαφρώς διαφορετικών φιλμ. Λίγα χρόνια αργότερα το 1922 έγινε η προβολή του φιλμ The power of love με την ανάγλυφη μέθοδο χρησιμοποιώντας κόκκινο και πράσινο φίλτρο, ήταν το πρώτο φιλμ που παρουσιάστηκε με αυτή τη μορφή και φυσικά η πρώτη φορά που χρησιμοποιήθηκαν ανάγλυφα γυαλιά για τη διασκέδαση του κοινού. Μέχρι και το 1932 η τεχνική της ανάγλυφης αναπαράστασης τρισδιάστατου στερεοσκοπικού αποτελέσματος συνεχίστηκε σε διάφορες θεατρικές αίθουσες για την προβολή φιλμ. Το 32 όμως παρουσιάστηκε επίσημα και η προβολή με πολωτικά φίλτρα με την εταιρία Carl Zeiss να πρωτοπορεί στην τεχνολογία και την παραγωγή πολωτικών φίλτρων και φακών.

<sup>85</sup> Stereo-Realist PDF manual, [http://www.cameramanuals.org/pdf\\_files/stereo-realist03.pdf](http://www.cameramanuals.org/pdf_files/stereo-realist03.pdf), 2009



Εικόνα 30, View-master, πηγή:  
<http://www.eatsleepgeek.com/view-master-movie/>

Το 1939 παρουσιάστηκε στη διεθνή έκθεση της Νέας Υόρκης το View-master από τον William B.Gruber.<sup>86</sup> Αποτελείται από 7 ζεύγη θετικού φιλμ τοποθετημένα σε ένα δίσκο 9 cm που περιστρέφεται. Το View-master από τότε είναι αγαπημένη απασχόληση μικρών και μεγάλων και καλύπτει μεγάλη γκάμα θεμάτων, από παιδικά σκίτσα μέχρι εικόνες ανατομίας.<sup>87</sup>

Η περίοδος μεταξύ 1952 με 1955 θεωρείται η χρυσή εποχή της στερεοσκοπικής εικόνας. Η πρώτη στερεοφωτογραφική μηχανή που είχε κατασκευαστεί ειδικά για την παραγωγή δίσκων View-master εμφανίστηκε το 1952, το όνομα της ήταν Personal View-master (εικόνα 31) και έδινε μικρότερου μεγέθους καρτέ με αποτέλεσμα να παράγει 69 ζεύγη εικόνων. Το 1961 η Sawyer's Europe εισήγαγε μια παρόμοια φωτογραφική μηχανή. Η κάμερα αυτή είχε κατασκευαστεί από την Regula-Werk King – Germany. Η κύρια διαφορά είναι ότι το φιλμ βρίσκεται σε διαγώνια θέση. Η διαγώνια κύλιση του φιλμ επέτρεπε περισσότερα ζεύγη διαφανειών.<sup>88</sup> Στον τομέα των φιλμ,

<sup>86</sup> Nick Joyce and David Baker, *Stereoscopes: Straddling the Line Between Life and Lab*, <http://www.psychologicalscience.org/observer/getArticle.cfm?id=2428>, 2009

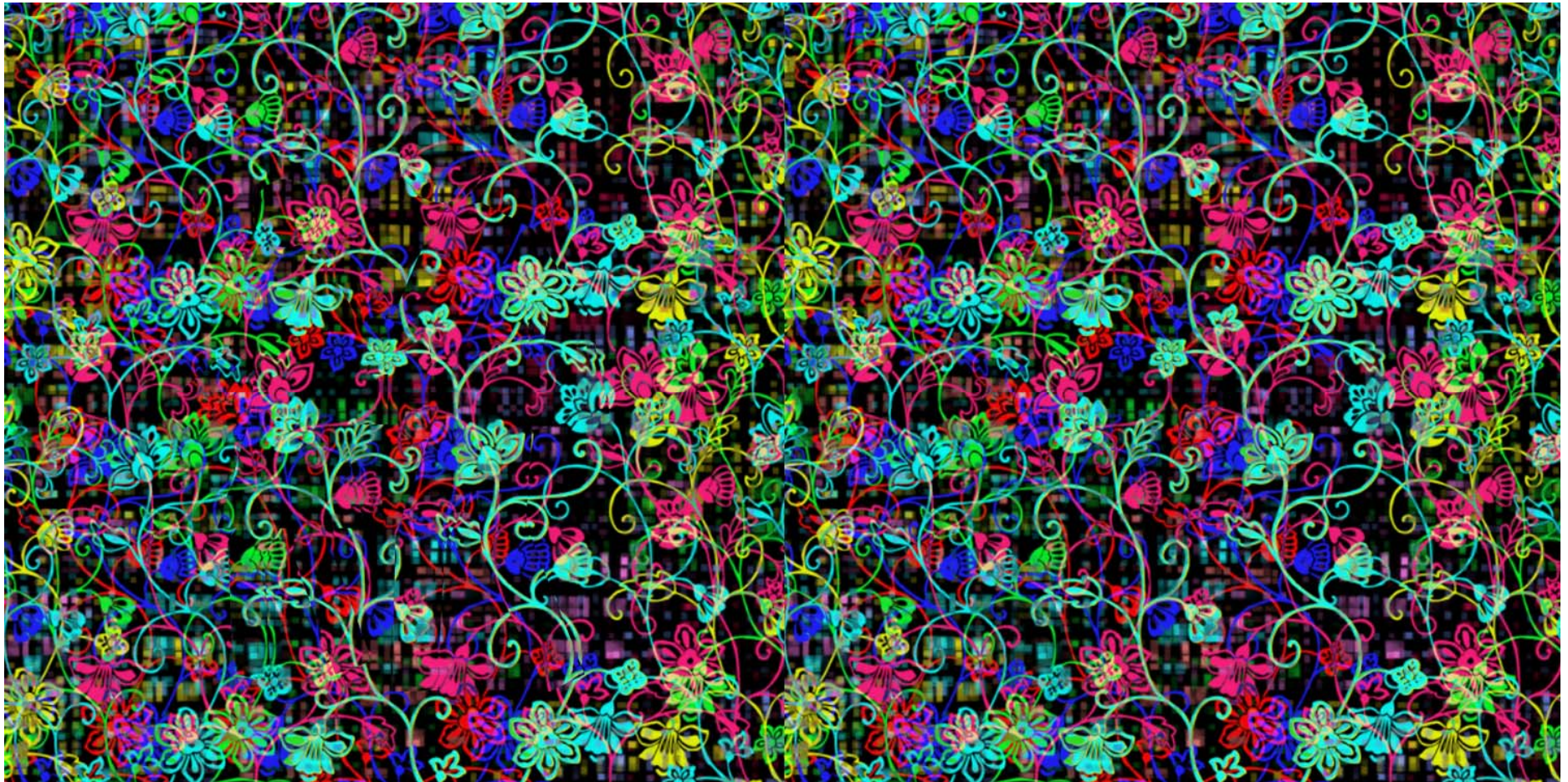
<sup>87</sup> The new York Times, *An atlas of the human Body*, [http://www.nytimes.com/slideshow/2008/04/21/science/Bassett\\_index.html](http://www.nytimes.com/slideshow/2008/04/21/science/Bassett_index.html), 2010

<sup>88</sup> Julius B.Kaiser, *Make your own stereo pictures*, ηλεκτρονικό αντίγραφο 2010, πρώτη έκδοση 1955, US, σ. 48-50



Εικόνα 29, Personal viewmaster, πηγή:  
<http://www.vmsource.com/camera/camera.htm>, 2010

το 1952 εμφανίστηκε το πρώτο έγχρωμο βίντεο το Bwana Devil και προβλήθηκε με τη χρήση των πολωτικών φίλτρων. Από τότε παράχθηκαν πάρα πολλά στερεοσκοπικά φιλμ και τα περισσότερα προβλήθηκαν με ιδιαίτερη επιτυχία. Πάντα με τη χρήση δύο προβολών και δυο ελαφρώς διαφορετικών φιλμ. Από το 1960 όμως και με την τεχνολογία *Space-Vision 3D* εμφανίστηκαν ανάγλυφα φιλμ με διπλή εκτύπωση και τη δυνατότητα χρήσης ενός μόνο προβολέα. Ενώ το 1970 η Sterovision παρήγαγε φιλμ με τα δυο καρτέ το ένα δίπλα στο άλλο (side by side) και με τη χρήση ενός αναμορφικού φακού και πολωτικών φίλτρων πρόβαλε τις εικόνες σε μια τελική στερεοσκοπική.



**Εικόνα 30**, autostereogram, ελεύθερη παρατήρηση

Το 1959 ο Bela Julesz, όπως έχει ήδη αναφερθεί, ανακάλυψε το Random dot stereogram και η χρήση τυχαίων κουκίδων με κατάλληλη επεξεργασία έφερε στο προσκήνιο το Autostereogram το οποίο δημιούργησαν μαθητές του μερικά χρόνια αργότερα. Το Autostereogram

δεν χρειάζεται καμία οπτική συσκευή για το επιθυμητό τρισδιάστατο αποτέλεσμα, αρκεί η συγκέντρωση των δύο οφθαλμών στην εικόνα τόσο, ώστε οι δύο οφθαλμοί να εστιάζουν σε διαφορετικό σημείο και ουσιαστικά να μεταφέρουν την εικόνα μπροστά ή πίσω από την

πραγματική της θέση. Η θέση αυτή των οφθαλμών μπερδεύει τον εγκέφαλο που βλέπει πια δύο εικόνες και τις μεταφράζει ως τρισδιάστατη εικόνα. Το Autostereogram ονομάστηκε διαφορετικά Magic eye.<sup>89</sup>

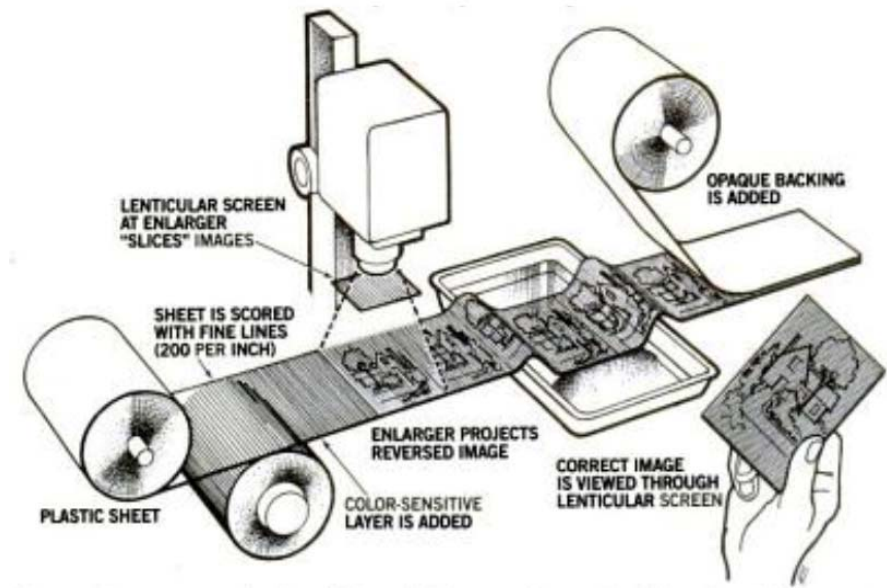
Υπάρχουν τρεις παραλλαγές δημιουργίας των "αυτόματων" στέρεο-γραμμάτων: Μια πρώτη παραλλαγή είναι η παράθεση διαφόρων σχημάτων ή εικόνων ελαφρώς διαφορετικών από τα οποία παράγεται σε μια εικόνα η ψευδαίσθηση της τρίτης διάστασης και τα αντικείμενα ή μοτίβα στην εικόνα φαίνονται να βρίσκονται σε διαφορετικές αποστάσεις στο βάθος της εικόνας. Η μέθοδος αυτή ονομάζεται Single Image Random Dot Stereogram. Μια δεύτερη παραλλαγή με την ίδια λογική παράγεται όταν χρησιμοποιείται κείμενο αντί για εικόνες. Ενώ μια τρίτη χρησιμοποιεί διάφορα τυχαία μοτίβα σε αντιστοιχία με τις τυχαίες κουκίδες του Random dot stereogram όπου και εδώ κάποιο αιωρούμενο αντικείμενο εμφανίζεται αν η εικόνα παρατηρηθεί στερεοσκοπικά (εικόνα 32).<sup>90</sup>

Στα τέλη της δεκαετίας του 70 ο Jerry Nims και ο Allan Lo παρήγαγαν ένα νέο σύστημα στέρεο-παρατήρησης που εισήγαγε την φακοειδής επιφάνεια (lenticular) δηλαδή επιφάνεια μικρών κυλινδρικών φακών.<sup>91</sup> Το σύστημα περιελάμβανε έναν εκτυπωτή(εικόνα 33) αλλά και μια εύχρηστη κάμερα για το κοινό.

<sup>89</sup> Επίσημη ιστοσελίδα της σειράς βιβλίων magic eye ink, *3D Viewing instructions*, [http://www.magiceye.com/faq\\_example.htm](http://www.magiceye.com/faq_example.htm), 2012

<sup>90</sup> Farlander BBC 02/2004, *Single image stereogram*, <http://www.bbc.co.uk/dna/h2g2/A2307269>, 2012

<sup>91</sup> Pdf manuals, [http://www.cameramanuals.org/pdf\\_files/nimslo\\_guide\\_to\\_the\\_3d\\_camera.pdf](http://www.cameramanuals.org/pdf_files/nimslo_guide_to_the_3d_camera.pdf), 2012, σ.6



Εικόνα 31, lenticular printing, πηγή:

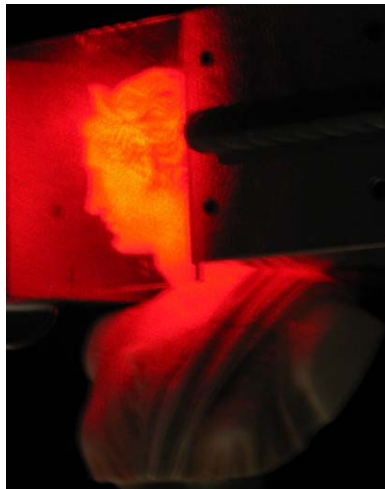
<http://books.google.gr/books?id=EcgsZdYzjMC&pg=PA27&dq=NIMSLO&cd=1#v=onepage&q=NIMSLO&f=true>, σ.28



Εικόνα 34, nimslo camera, πηγή:

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nimslonew.jpg>

Αυτή ήταν η Nimslo camera η οποία διέθετε τέσσερις φακούς άρα και τέσσερις ελαφρώς διαφορετικές εικόνες. Για να έχεις τη δυνατότητα να απολαύσεις τις τρισδιάστατες εικόνες μιας Nimslo (εικόνα 34), αυτό που χρειαζόταν ήταν ειδική εκτύπωση που αρχικά πραγματοποιούνταν μόνο στην Αμερική.<sup>92</sup> Το νέο σύστημα ήταν πολύ πιο άνετο και φιλικό στο χρήστη, όμως η ειδική εκτύπωση (εικόνα 33) εμπόδιζε το ευρύ κοινό να χρησιμοποιήσει τη φωτογραφική μηχανή. Ένας πρόδρομος της "lenticular" απεικόνισης ήταν και το πρισματικό στερεοσκόπιο του Brewster (σελίδα 29).



**Εικόνα 35**, ολόγραμμα, πηγή:  
<http://courses.arch.ntua.gr/111517.html>

Μια ακόμη πιο εντυπωσιακή ανακάλυψη έγινε το 1947 όταν ο Dennis Gabor δημιούργησε την απόλυτα στερεοσκοπική φωτογραφία το ολόγραμμα, το οποίο εξέλιξαν και απλοποίησαν οι Leith και Upatnieks το 1961. Το ολόγραμμα είναι μια ολοκληρωμένη τρισδιάστατη εικόνα όπου ο θεατής μπορεί να δει το εικονιζόμενο αντικείμενο από όλες τις γωνίες (εικόνα 35).<sup>93</sup> Συγκεκριμένα ο όρος ολογραφία, προέρχεται από τις λέξεις "όλος" και "γραφή". Πρόκειται για μια τεχνική φωτογράφισης ενός αντικειμένου, η οποία βασίζεται στις

ιδιότητες του φωτός, δηλαδή στη μετάδοσή του ως κύμα, την ανάκλασή του, καθώς και στη συμβολή των κυμάτων. Στην ουσία το φως που χρησιμοποιείται είναι φως από λειζερ το οποίο είναι μονοχρωματικό με υψηλό βαθμό συμφωνίας, ως αποτέλεσμα συντονισμένης εκπομπής από πολλά άτομα.<sup>94</sup> Η φωτογράφιση γίνεται με ένα σύστημα ανακλώμενων επιφανειών όπου προσπίπτει και ανακλάται η φωτεινή δέσμη. Η τελική τρισδιάστατη εικόνα παράγεται σε διάφανη πλάκα.

Το 1884 ο Paul Gottlieb Nipkow εισήγαγε την τεχνολογία που θα εξελισσόταν μέσα σε 50 περίπου χρόνια στην τηλεόραση.<sup>95</sup> Έτσι στα τέλη της δεκαετίας του 20 και στις αρχές του 30 οι πρώτες τηλεοράσεις έκαναν την εμφάνισή τους και σταδιακά το "κουτί" αυτό, που μετέδιδε εικόνα από μακριά, βρέθηκε σχεδόν σε κάθε σπίτι του πλανήτη.<sup>96</sup> Την ίδια περίοδο εμφανίστηκαν και οι πρώτες τρισδιάστατες εφαρμογές στην τηλεόραση. Για την ακρίβεια το πρώτο 3D φιλμ που μεταδόθηκε στις τηλεοράσεις ήταν το *Bwana Devil*, το 1952, με την μέθοδο της αναγλυφίας.<sup>97</sup> Ήταν, δηλαδή, απαραίτητο ο θεατής να φοράει γυαλιά με κόκκινο και κυανό φίλτρο. Σε αυτήν την μέθοδο η τηλεόραση αποτυγχάνει να δώσει ένα καθαρό τρισδιάστατο αποτέλεσμα και τη θέση του λαμβάνει τρισδιάστατη απεικόνιση η οποία είναι πολύ κουραστική για τα μάτια. Το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι το φαινόμενο του φαντάσματος και διπλού ειδώλου που παρουσιάζεται. Αυτό συμβαίνει γιατί στην τηλεόραση τα χρώματα δεν μπορούν να αποδοθούν αρκετά

<sup>92</sup> Everett H. Ortner, *3D pictures*, Popular Science magazine, Iouy. 1982, σ. 27-28  
<http://books.google.gr/books?id=EcgsZdYzjMC&pg=PA27&dq=NIMSLO&cd=1#v=onepage&q=NIMSLO&f=true>, 10/2011

<sup>93</sup> Farlander BBC 02/2004, *Holography*, <http://www.bbc.co.uk/dna/h2g2/A2307269>, 2011

<sup>94</sup> Α.Μ. Κουρνιατή, *Σημειώσεις μαθήματος Γεωμετρία και ολογραφία*, Σχολή Αρχιτεκτόνων ΕΜΠ  
<http://courses.arch.ntua.gr/111517.html>, 2009

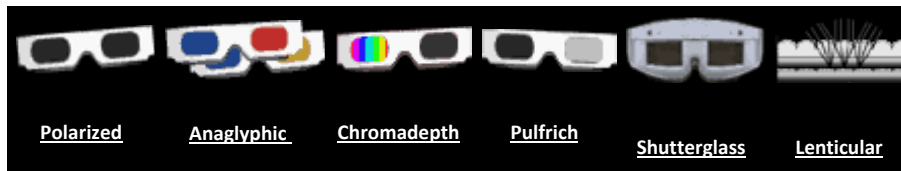
<sup>95</sup> Steven Otfinoski, *Television*, Marshal Cavendish, Κίνα, 2007, σ. 11

<sup>96</sup> TVhistory.TV, 2001-2009, *Television History - The First 75 Years*, <http://www.tvhistory.tv/pre-1935.htm>, 2009

<sup>97</sup> Ray Zone, ό.π.σ. 4

έντονα, με αποτέλεσμα τα φίλτρα των χρωματικών γυαλιών να μην φιλτράρουν σωστά τις δυο εικόνες.<sup>98</sup>

Η χρήση των γυαλιών ήταν και η αιτία που η τρισδιάστατη τηλεόραση δεν αναπτύχθηκε, όπως αναμενόταν, λαμβάνοντας υπόψη την εντυπωσιακή εικόνα της τρισδιάστατης απεικόνισης. Ο κυριότερος λόγος είναι ότι τα γυαλιά είναι κουραστικά, όταν χρησιμοποιούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ο John Logie Baird από το 1920 έως και το 1940 εργάστηκε πάνω στην τρισδιάστατη τηλεόραση και κατάφερε να εφαρμόσει μια μέθοδο στην οποία ο θεατής μπορούσε να παρακολουθήσει τρισδιάστατη εικόνα, αν βρισκόταν σε συγκεκριμένο σημείο απέναντι από την οθόνη.<sup>99</sup> Επιπλέον το κοινό της τηλεόρασης είναι κατά κανόνα κοινό που δε διαθέτει αρκετά χρήματα, ώστε να επενδύσει σε τρισδιάστατα γυαλιά και την ίδια στιγμή δεν ασχολείται με την αλλαγή των ρυθμίσεων της τηλεόρασης. Αυτό σημαίνει πως η ιδανική τρισδιάστατη τηλεόραση θα έπρεπε να διαθέτει τέτοια τεχνολογία ώστε η χρήση κάποιου οπτικού μέσου για την παρακολούθηση δεν θα είναι απαραίτητη.<sup>100</sup>



Εικόνα 32, 3D γυαλιά, πηγή: <http://www.the3drevolution.com/3dtv.html>

<sup>98</sup> The 3d revolution, *3D TV*, <http://www.the3drevolution.com/3dtv.html>, 2012

<sup>99</sup> Haldun M. Ozaktas, Levent Onural, *Three-Dimensional Television*, Springer-Verlag, Berlin, 2008, σ. 472-475

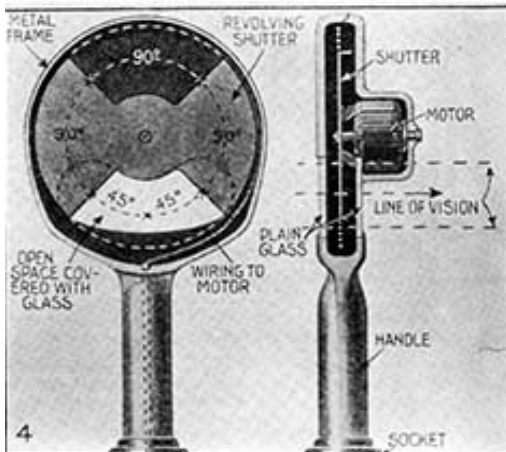
<sup>100</sup> The 3d revolution, *3D TV*, <http://www.the3drevolution.com/3dtv.html>, 2012

Η ολογραφική εικόνα θα ήταν μια λύση αλλά η τεχνολογία δεν έχει αναπτυχθεί αρκετά για να δώσει αυτό το αποτέλεσμα. Ωστόσο η "lenticular" απεικόνιση μπορεί. Η οθόνη "lenticular" διαθέτει μια φακοειδή επίστρωση που επιτρέπει την πολλαπλή μετάδοση ελαφρώς διαφορετικών εικόνων. Δυστυχώς το αποτέλεσμα απαιτεί μεγάλη ανάλυση οθόνης, κάτι που ακόμη και σήμερα με τις plasma οθόνες δεν είναι εφικτό.<sup>101</sup> Η τρισδιάστατη απεικόνιση στην τηλεόραση βρήκε τελικά εφαρμογή μόνο με τη χρήση γυαλιών, ώστε να διαχωρίζονται τα δυο κανάλια μετάδοσης των ελαφρώς διαφορετικών εικόνων. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι "chromadepth", "pulfrich" και περισσότερο αποτελεσματική και ευρέως γνωστή ήταν η χρήση διαφραγματικών γυαλιών. Η τεχνολογία με πολωτικά φίλτρα θα μπορούσε ενδεχομένως να χρησιμοποιηθεί για τηλεόραση αλλά, επειδή απαιτείται προβολή και των δυο εικόνων, είναι μάλλον έξω από την τεχνολογία της τηλεόρασης και δεν χρησιμοποιείται παρά μόνο σε ειδικές περιπτώσεις, όπως επιστημονικές εφαρμογές.

Η "chromadepth" απεικόνιση είναι η μόνη τρισδιάστατη απεικόνιση που δεν χρειάζεται δύο εικόνες για να παράγει το 3D αποτέλεσμα, αφού βασίζεται στη χρήση διπλών αντικειμένων και συγκεκριμένων χρωμάτων. Στην ουσία με την χρήση "chromadepth" γυαλιών επιτυγχάνεται η τρισδιάστατη απεικόνιση, καθώς αυτά συμβάλουν στον διαχωρισμό των χρωμάτων, έτσι ώστε να φέρνει μπροστά το κόκκινο χρώμα και να διανέμει ανάλογα τα υπόλοιπα στο βάθος της εικόνας. Το αποτέλεσμα

<sup>101</sup> The 3d revolution, *3D TV*, <http://www.the3drevolution.com/3dtv.html>, 2012

είναι αρκετά εντυπωσιακό και βασίζεται κυρίως στην ψευδαίσθηση που προκαλείται. Μάλιστα δίνει αποτέλεσμα ακόμη και χωρίς γυαλιά.<sup>102</sup>



Εικόνα 33, shutter glasses, πηγή:

<http://www.the3drevolution.com/3dtv.html>

Η τρισδιάστατη εικόνα με την μέθοδο "pulfrich" βασίζεται στη χρήση δυο συνδυασμένων εικόνων, στη συνεχή κίνηση της κάμερας και την καθυστέρηση του ενός εκ των δυο εικόνων να φτάσει στον εγκέφαλο. Αυτό γίνεται φυσικά με τη βοήθεια των γυαλιών όπου ο ένας φακός είναι σκοτεινότερος, έτσι ώστε ο εγκέφαλος να αντιλαμβάνεται την εικόνα από το ένα μάτι καθυστερημένα και έτσι δίνεται η ψευδαίσθηση του βάθους. Μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί μόνο για κινούμενες εικόνες.<sup>103</sup> Η πιο

διαδεδομένη και άνετη παρατήρηση τρισδιάστατης εικόνας στην τηλεόραση είναι η παρατήρηση σε κατάλληλα διαμορφωμένες οθόνες που προβάλλουν διπλό είδωλο το οποίο φιλτράρεται από κάθε μάτι μέσω διαφραγματικών γυαλιών (shutter glasses). Ήδη από το 1923

χρησιμοποιείται η μέθοδος των διαφραγματικών γυαλιών. Το πρώτο σύστημα ήταν ηλεκτρικό-μηχανικό και ονομάστηκε σύστημα Televue 3-D system, με αρκετά καλό αποτέλεσμα. Το οπτικό όργανο δεν χρειαζόταν να ακουμπήσει το πρόσωπο, απλά ο θεατής έπρεπε να το κρατάει μπροστά από τους οφθαλμούς και να παρακολουθεί την οθόνη μέσω αυτού (εικόνα 37).<sup>104</sup>

Τα διαφραγματικά γυαλιά ωστόσο ήταν αρκετά ακριβά και για ένα σπίτι με τρισδιάστατη τηλεόραση και μία μεγάλη οικογένεια, όπου χρειαζόταν ένα ζευγάρι για κάθε μέλος δεν φαινόταν και τόσο καλή ιδέα μια τέτοια αγορά. Παρόλα αυτά στα τέλη της δεκαετίας του 80 οι τιμές για την τρισδιάστατη διασκέδαση εντός του σπιτιού είχαν αρχίσει να πέφτουν και οι 3D εφαρμογές άρχισαν πάλι να έρχονται στο προσκήνιο για λίγο χρονικό διάστημα.<sup>105</sup> Επικρατέστερη μέθοδος προβολής ήταν τα πολωτικά φίλτρα αλλά έγιναν και οι πρώτες ικανοποιητικές προβολές με διαφραγματικά γυαλιά. Από τότε θα περάσουν περίπου τριάντα χρόνια και θα φτάσουμε στο σήμερα για να δούμε ξανά στο προσκήνιο την τεχνολογία του 3D σε διάφορους τομείς της διασκέδασης με τη χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας να διευκολύνει την παραγωγή άρα και προβολή.

<sup>104</sup> The 3d revolution, 3D TV, <http://www.the3drevolution.com/3dtv.html>, 2012

<sup>105</sup> Jayesh Limaye, *In Pursuit of 3D*, [http://www.techtree.com/India/Features/In\\_Pursuit\\_of\\_3D/551-104000-899-5.html](http://www.techtree.com/India/Features/In_Pursuit_of_3D/551-104000-899-5.html), 2012

<sup>102</sup> Suzanne Kantra, 3D Laser Show, Popular science magazine, τεύχος Νοεμ. 1992, σ.35

<sup>103</sup> Richard D. Zakia, *Perception and imaging*, Focal press, 2<sup>η</sup> έκδοση, US, 2002 σ. 179



### 3.4 – Η τρισδιάστατη απεικόνιση σήμερα

- 2000 Sharp και Kyocera, κινητό τηλέφωνο με κάμερα.
- 2002 Zwoenitz, πανοραμική στερεοσκοπική ψηφιακή μηχανή με σύστημα καθρέπτη.
- 2006 3D VuCAM, κιάλια με ψηφιακή κάμερα.
- 2008 Fujifilm, 6 megapixel κάμερα με δυο φακούς, και σύστημα οθόνης τρισδιάστατης προβολής χωρίς τη χρήση γυαλιών.
- 2009 Minoru, στερεοσκοπική "web" κάμερα.
- 2009 Fujifilm, FinePix Real 3D W, 10 megapixel.
- 2009 Philips, προηγμένη τεχνολογία επεξεργαστών NXP για τρισδιάστατη θέαση.
- 2009 Cycloptical3D, ψηφιακό στερεοσκόπιο.
- 2010 Sony, firmware για 3D πανόραμα.
- 2010 Airtec, ψηφιακή φωτογραφική και βιντεοκάμερα με οθόνη 3D χωρίς τη χρήση γυαλιών.
- 2010 Philips, Bravia, Samsung και LG, προωθούν στην αγορά τρισδιάστατες τηλεοράσεις με διαφραγματικά γυαλιά.
- 2010 Sharp, στερεοσκοπική κάμερα σύντομα σε κινητό.
- 2010 Nintendo, κονσόλα παιχνιδιού με eye detect τεχνολογία παρακολούθησης 3D.

**Εικόνα 34**, Συνοπτική χρονολογική ταξινόμηση, Σήμερα

Ο 21<sup>ος</sup> αιώνας έχει ήδη χαρακτηριστεί ως ο αιώνας της ψηφιακής τεχνολογίας και επικοινωνίας, αν και βρίσκουμε τα αποτελέσματα των ψηφιακών ευκολιών σε διάφορες μορφές από τον προηγούμενο αιώνα, μόνο πρόσφατα έγιναν γνωστά στο ευρύ κοινό και κομμάτι της

καθημερινότητας. Το διαδίκτυο και η κινητή τηλεφωνία βρίσκονται σχεδόν σε κάθε σπίτι του ανεπτυγμένου κόσμου. Επιπλέον η νέα τεχνολογία άλλαξε τα δεδομένα στον τρόπο αποτύπωσης των εικόνων. Έτσι η παραγωγή στερεοσκοπικών εικόνων έχει περάσει στον υπολογιστή και με διάφορα προγράμματα επεξεργασίας δίνεται το επιθυμητό τρισδιάστατο αποτέλεσμα, ωστόσο δεν υπήρξε κάποια νέα μέθοδος για την παραγωγή του στέρεο-ζεύγους. Η μόνη αλλαγή που έγινε, η ψηφιακή δηλαδή αποτύπωση, έχει τη σπουδαιότητα για τη φωτογραφία και κατ' επέκταση και τη στερεοσκοπική τέχνη, όσο και η εμφάνιση του φιλμ σε ρολό το 1927.

Η τεχνολογία της ψηφιακής εικόνας έχει κάποια σημαντικά πλεονεκτήματα που έχουν διευκολύνει την παραγωγή του ζεύγους και σε



**Εικόνα 35**, Ο Steve Sasson με την πρώτη ψηφιακή κάμερα,  
[http://www.womeninphotography.org/Events-Exhibits/Kodak/EasyShare\\_3.html](http://www.womeninphotography.org/Events-Exhibits/Kodak/EasyShare_3.html)

κάποιες περιπτώσεις την έχουν αυτοματοποιήσει σχεδόν αποκλείοντας τυχόν σφάλματα. Αρχικά δίνεται η δυνατότητα άμεσου ελέγχου μετά τη λήψη, μέσω της οθόνης LCD της φωτογραφικής μηχανής, μάλιστα μερικά καινούρια μοντέλα στέρεο-φωτογραφικών μηχανών δίνουν την δυνατότητα ελέγχου του ζεύγους παρέχοντας στερεοσκοπική θέαση. Ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας της ψηφιακής τεχνολογίας είναι η αποθήκευση των φωτογραφιών και βίντεο στον

υπολογιστή χωρίς την μεσολάβηση κάποιου τρίτου μέσου, απλά με την σύνδεση της μηχανής με αυτόν. Αυτό φυσικά διευκολύνει την επεξεργασία και σε συνεργασία με τα προγράμματα παραγωγής στερεο-εικόνων είναι δυνατόν κάθε ερασιτέχνης με λίγη προσοχή στη λήψη να παράγει μια τρισδιάστατη στερεοσκοπική εικόνα.

Η ανακάλυψη της ψηφιακής τεχνολογίας ξεκίνησε τον εικοστό αιώνα με τις πρώτες εφαρμογές στους σαρωτές εικόνων και στη συνέχεια στις φωτογραφικές μηχανές. Για την αποθήκευση των εικόνων δεν χρειάζεται πια φιλμ, αλλά κάποιο αποθηκευτικό μέσο, δηλαδή μία κάρτα μνήμης. Η πρώτη απόπειρα καταγραφής με ψηφιακό τρόπο έγινε πειραματικά το 1975 από τον Steven Sasson, μηχανικό της Eastman Kodak (εικόνα 39).<sup>106</sup> Η μηχανή χρησιμοποιούσε αισθητήρα τεχνολογίας CCD που εισήγαγε ο Fairchild Semiconductor το 1973. Η διάδοση όμως της ψηφιακής καταγραφής έγινε ευρέως γνωστή από το 1981 από τη Sony με την παρουσίαση της φωτογραφικής μηχανής Mavica (**M**agnetic **V**ideo **C**amera) που κατέγραφε τις εικόνες σε δίσκο floppy 1.44MB και ήταν στην ουσία μια αναλογική βίντεο κάμερα.<sup>107</sup> Η πρώτη πραγματικά ψηφιακή μηχανή ήταν η Dycam Model 1 που παρουσιάστηκε στο κοινό το 1990. Χρησιμοποιούσε αισθητήρα CCD και φυσικά συνδεόταν άμεσα με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή.<sup>108</sup> Μετά από αυτήν ακολούθησαν και άλλες εταιρίες που όμως έδιναν πτωχά αποτελέσματα ποιότητας της εικόνας. Η ποιότητα της καταγραφής έχει όμως σήμερα εξελιχθεί και συνεχώς παράγονται αισθητήρες που μπορούν να καταγράψουν όσο το δυνατόν πιο καθαρή εικόνα με αρκετά οικονομικό τρόπο.

<sup>106</sup> Video interview with Steve Sasson,

[http://www.kodak.com/global/mul/corp/chq/sasson\\_video.html](http://www.kodak.com/global/mul/corp/chq/sasson_video.html)

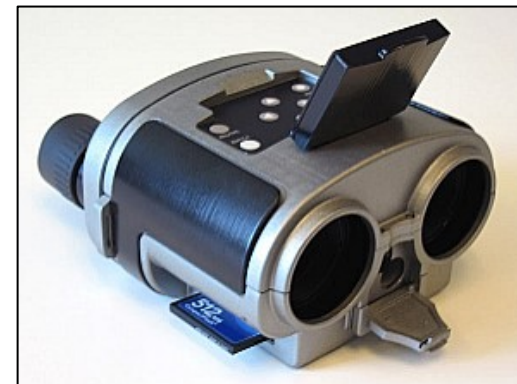
<sup>107</sup> Michael R. Peres, *The Focal encyclopedia of photography*, Elsevier ink, 2007, 4<sup>η</sup> έκδοση, σ. 16, 319

<sup>108</sup> R.L. Carter, *DYCAM MODEL 1 / Logitech FotoMan – 1990*,

<http://www.digicamhistory.com/1990.html>

Η στερεοσκοπική κάμερα δεν θα έμενε φυσικά ανέπαφη από την νέα τεχνολογία, έτσι πολύ σύντομα εμφανίστηκαν οι πρώτες λύσεις για στερεοσκοπικές λήψεις με ψηφιακή κάμερα ή κάμερες. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν δυο ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές οι οποίες με κατάλληλα κατασκευασμένα πλαίσια ενσωματώνονταν σε μία εργονομική φωτογραφική μηχανή με δύο φακούς. Το κλείστρο αρκούσε να πατηθεί μια φορά, εφόσον και οι δυο μηχανές ενώνονταν με κάποιο καλώδιο συγχρονισμού. Φυσικά υπήρχαν και οι παραδοσιακοί τρόποι λήψεων, όπως η μέθοδος της μετατόπισης ή η τοποθέτηση δυο μηχανών σε τρίποδο.

Το 2002 στην έκθεση Photokina οι Dr. Clauss Bild- und Datentechnik GmbH of Zwoenitz παρουσίασαν μια απόλυτα ψηφιακή κάμερα για πανοραμικές λήψεις. Συγκεκριμένα η κάμερα προσαρμόζεται σε τρίποδο με περιστροφική κεφαλή 360°, ώστε να καταγράφει το περιβάλλον και η σύνδεση των εικόνων γίνεται με μαθηματικό τρόπο, ώστε να δοθεί το



Εικόνα 40, 3D VuCAM, πηγή:

<http://www.stereoscopy.com/news/news-archive-8-2006.html>

τελικό πανόραμα. Προκειμένου το πανόραμα να γίνει στερεοσκοπικό χρησιμοποιείται καθρέπτης που περιστρέφεται μπροστά από το φακό έχοντας δυο θέσεις, δεξιά και αριστερά. Καταγράφει τότε δυο ελαφρώς διαφορετικές εκδοχές του περιβάλλοντος λόγω της διαφορετικής θέσης του καθρέπτη και όταν τα δυο

πανοράματα ενωθούν μπορούν να παρατηρηθούν στερεοσκοπικά. Δυστυχώς η μέθοδος αυτή απαιτεί στατικά θέματα, αφού η μηχανή χρειάζεται να περιστραφεί δυο φορές με τον καθρέπτη σε διαφορετική θέση.<sup>109</sup>

Η Stereo vision imaging εισήγαγε το 2006 την 3D VuCAM (εικόνα 40) την πρώτη στερεοφωτογραφική μηχανή που λειτουργεί και ως μεγεθυντικά κιάλια με 8x zoom. Διαθέτει οθόνη LCD που προβάλλει την τρισδιάστατη εικόνα χωρίς να χρειάζονται γυαλιά για την παρατήρηση και αρκετά υψηλή ανάλυση 3,1mp. Γίνεται έτσι ένα πολύ εύχρηστο εργαλείο για την παραγωγή στερεοσκοπικών εικόνων.<sup>110</sup>



**Εικόνα 41**, FinePix Real 3D W1, πηγή: <http://3dvision-blog.com/fujifilm-finepix-real-3d-w1-the-first-true-3d-stereo-digital-camera/>

<sup>109</sup> 3D- News, webmaster, *Digital Stereoscopic Panorama Camera*, <http://www.stereoscopy.com/news/news-archive-9-2002.html>

<sup>110</sup> 3D- News, webmaster, *3d VuCam StereoScopic Imaging System*, <http://www.stereoscopy.com/news/news-archive-8-2006.html>

Στην έκθεση photokina το 2008 η Fujifilm ανακοίνωσε τον ερχομό μιας νέας ψηφιακής στερεοσκοπικής κάμερας compact με δύο ενσωματωμένους φακούς και αρκετά υψηλή ανάλυση 6 megapixel.<sup>111</sup> Η οθόνη διαθέτει μιας νέας τεχνολογίας κατευθυνόμενο φως "light direction control module" προς κάθε μάτι ξεχωριστά, ώστε η εικόνα να παρακολουθείται στερεοσκοπικά χωρίς τη χρήση διαχωριστικών γυαλιών. Ένα χρόνο μετά η ίδια εταιρία θα προωθήσει στην αγορά την FinePix Real 3D W1 (εικόνα 41) πρόκειται φυσικά για ένα προηγμένο μοντέλο με δυνατότητα καταγραφής 10 megapixel. Η εταιρία παρήγαγε μια ολοκληρωμένη σειρά με φωτογραφική μηχανή, οθόνη παρατήρησης (ψηφιακή οθόνη-κάδρο προβολής) και τη δυνατότητα εκτύπωσης σε επιφάνεια "lenticular". Η LCD οθόνη της κάμερας και η οθόνη παρατήρησης μπορούν να αποδώσουν τρισδιάστατη εικόνα χωρίς τη χρήση γυαλιών, κάνοντας και εδώ χρήση της παραπάνω τεχνολογίας.<sup>112</sup>

Μια ακόμη γνωστή εταιρία η Sony ενσωμάτωσε σε σειρά compact ψηφιακών φωτογραφικών μηχανών την δυνατότητα να παράγουν στερεοσκοπικό πανόραμα αναβαθμίζοντας τον Ιούλιο του 2010 το firmware των μηχανών.<sup>113</sup> Ωστόσο για την εύκολη τρισδιάστατη προβολή είναι απαραίτητο τα πανοράματα να προβληθούν σε τρισδιάστατη τηλεόραση ή υπολογιστή, σε διαφορετική περίπτωση θα χρειάζονται περαιτέρω επεξεργασία. Η Airtek επίσης, ανακοίνωσε πρόσφατα μια νέα φωτογραφική μηχανή και βιντεοκάμερα που κυκλοφόρησε τον Αύγουστο του 2010. Διαθέτει δυο 5Mp HD ενσωματωμένες κάμερες και οθόνη

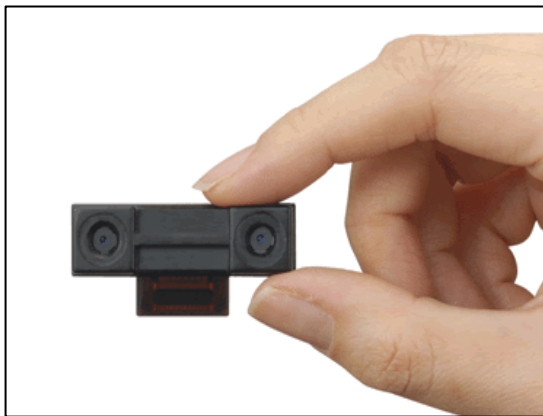
<sup>111</sup> 3D- News, webmaster, *Where to find 3D*, <http://www.stereoscopy.com/news/news-archive-9-2008.html>

<sup>112</sup> 3D- News, webmaster, *Fujifilm launch a pioneering digital "Real 3D System" that lets you enjoy incredible 3D images with the naked eye*, <http://www.stereoscopy.com/news/news-archive-8-2009.html>

<sup>113</sup> Sony, *Nex-3D*, <http://www.sony.gr/product/dsb-nex-3/nex-3d#pageType=Overview>

αναπαράστασης 3D χωρίς τη χρήση γυαλιών.<sup>114</sup> Η εταιρία CycloPital3D κατασκεύασε το 2009 το πρώτο ψηφιακό στερεοσκόπιο. Στη μορφή είναι ίδιο με τα πρώτα αναλογικά στερεοσκόπια, όμως τη θέση των έντυπων φωτογραφιών, έχει πάρει οθόνη, όπου παρουσιάζονται η μια δίπλα στην άλλη οι στερεοσκοπικές φωτογραφίες. Διαθέτει USB θύρα για τη σύνδεση με τον υπολογιστή ή τη φωτογραφική μηχανή και μπορεί να αποθηκεύσει έως και 20.000 στέρεο-ζεύγη.<sup>115</sup>

Λίγο πριν το 2000 η τεχνολογία της ασύρματης τηλεφωνίας ανέπτυξε την καταναλωτική ανάγκη της ανθρωπότητας να διαθέτει κινητό τηλέφωνο. Μάλιστα μέσα σε ελάχιστο χρονικό διάστημα η τεχνολογία αναπτύχθηκε



**Εικόνα 42**, sharp stereo mobile camera, <http://www.sharp-world.com/corporate/news/100512.html>

δεκαετία του 90 εμφανίστηκε η δεύτερη γενιά G2 και άρχισε να κατακτά

<sup>114</sup> Aiptec,

[http://www.aiptec.eu/index.php?option=com\\_product&task=view&productid=236&Itemid=587](http://www.aiptec.eu/index.php?option=com_product&task=view&productid=236&Itemid=587)

<sup>115</sup> Gary Schacker, 3D Photo Viewer, <http://www.cycloPital3d.com/DigitalStereoscope.html>

τόσο ώστε να είναι και αρκετά οικονομική και συμβατή, σχεδόν από τον κάθε πολίτη του ανεπτυγμένου κόσμου. Αν και οι πρώτες συσκευές πρώτης γενιάς G1 κυκλοφόρησαν στην αγορά από τις αρχές τις δεκαετίας του 80 σε Ιαπωνία και Αμερική, δεν είχαν ακόμη κατακτήσει την αγορά εξαιτίας του μεγέθους τους. Τη

και την Ευρώπη και να δημιουργούνται και οι πρώτοι σταθμοί ασύρματης μετάδοσης. Από το 2001 τα κινητά τηλέφωνα έγιναν τρίτης γενιάς 3G και είχαν διαδοθεί σε όλο τον πλανήτη.<sup>116</sup> Αν και η ασύρματη τηλεφωνία είχε σκοπό την επικοινωνία, πολύ νωρίς τα κινητά τηλέφωνα έγιναν μικροί υπολογιστές τσέπης και ψηφιακές κάμερες. Συγκεκριμένα το πρώτο κινητό τηλέφωνο με ενσωματωμένη ψηφιακή κάμερα ήταν το VP-210, με οθόνη 65.000 pixel και έγινε πραγματικότητα στην Ιαπωνία το 1999 από την Kyocera. Ωστόσο η εταιρία Sharp Corporation, υποστηρίζει ότι ήταν η πρώτη που εισήγαγε το 2000 κινητό τηλέφωνο με κάμερα, το J-SH04, με αισθητήρα CMOS 110.000-pixel, και οθόνη 256 χρωμάτων.<sup>117</sup>

Ήταν αναμενόμενο πολύ σύντομα η μικροσκοπική προσωπική τηλεφωνική συσκευή με την ταχεία εξέλιξη, να ενσωματώσει και την τρισδιάστατη τεχνολογία. Το νέο απόκτημα του 21<sup>ου</sup> αιώνα εφαρμόζεται και στα κινητά τηλέφωνα και έτσι ο καθένας μπορεί με πολύ εύκολο τρόπο να παράγει στερεοσκοπικές φωτογραφίες. Μάλιστα το 2002 και 2003 η εταιρία Sharp ενσωμάτωσε σε κινητά της τηλέφωνα, LCD έγχρωμη οθόνη αφής που μπορεί να αποδώσει 3D εικόνες χωρίς τη χρήση γυαλιών<sup>118</sup> χρησιμοποιώντας ένα φίλτρο φράγματος φωτός ώστε να οδηγεί σε κάθε μάτι διαφορετική εικόνα.<sup>119</sup> Η καλλιτέχνης Lysandre Follet σχεδίασε το 2008 για την εταιρία Motorola, που ήταν από τις πρώτες εταιρίες κατασκευής ασύρματων τηλεφώνων, ένα πρακτικό τηλέφωνο με στερεοσκοπική κάμερα. Πρόκειται για ένα "concept

<sup>116</sup> Richard Seyler Ling, The mobile connection, Elsevier, USA, 2004, σ. 14-17

<sup>117</sup> Michael R. Peres, ό.π. σ. 313

<sup>118</sup> Sharp news, 12/2002, NTT DoCoMo introduces a new phone with 3d display, <http://www.sle.sharp.co.uk/news/newsitem.php?newsid=132>

<sup>119</sup> Sharp news, 09/2002, Sharp Announces the Start of 3D Display Manufacture, <http://www.sle.sharp.co.uk/news/newsitem.php?newsid=111>

phone", θεματικό τηλέφωνο, το οποίο δεν είναι σίγουρο αν θα κατασκευαστεί από την εταιρία, αλλά έχει σίγουρα κερδίσει τις εντυπώσεις.<sup>120</sup> Η sharp όμως ανακοίνωσε τον Μάιο του 2010, πως θα παράγει κινητά τηλέφωνα με στερεοσκοπική κάμερα (εικόνα 42) και τρισδιάστατη LCD οθόνη αφής την οποία εισήγαγε το 2002.<sup>121</sup> Φυσικά το μικρό μέγεθος των κινητών τηλεφώνων δεν δίνει ανάλογη απόσταση όπως αυτή των οφθαλμών και αυτό θα δημιουργεί μη φυσικές τρισδιάστατες εικόνες ή δεν θα ενδείκνυται για μακρινές αποστάσεις.



**Εικόνα 43,**

<http://www.thegreenhead.com/2009/07/minoru-3d-webcam.php>

Η τεχνολογία του τρισδιάστατου κατακά συνεχώς διαφορετικές εφαρμογές και σήμερα πια το 3D γίνεται σταδιακά καθημερινό θέαμα. Η τηλεόραση φυσικά που αναπτύχθηκε τον 20<sup>ο</sup> αιώνα συνεχίζει να παράγεται με ακόμη καλύτερα αποτελέσματα και οικονομικότερες λύσεις, σε συνδυασμό με την τεχνολογία "Blu-ray" και "High Definition" απεικόνιση. Το 2009 η Philips ανακοίνωσε

την κατασκευή ενός επεξεργαστή NXP που μπορεί να συνδυάσει δύο τρόπους προβολής της τρισδιάστατης εικόνας.<sup>122</sup> Είτε με την μέθοδο της πόλωσης (line interleave) ή με διαφραγματικά γυαλιά και τη μέθοδο εναλλαγής των καρτέ. Έτσι εταιρίες όπως η Philips, η Bravia, η Samsung και άλλες προώθησαν μες το 2010 τρισδιάστατες τηλεοράσεις με τη χρήση διαφραγματικών γυαλιών. Με την εμφάνιση των τρισδιάστατων τηλεοράσεων έκαναν και την εμφάνιση τους οι πρώτοι φόβου για την ασφάλεια των οφθαλμών κατά τη διάρκεια της παρακολούθησης. Συγκεκριμένα η Samsung ανακοίνωσε οδηγίες για την αποφυγή προβλημάτων.<sup>123</sup>

Αναπτύχθηκαν φυσικά και οθόνες υπολογιστών που συνδέονται με διαφραγματικά γυαλιά και πωλούνταν ευρέως, σε συνδυασμό με πληθώρα τρισδιάστατων παιχνιδιών. Μάλιστα η Nintendo παρουσίασε τον Ιούνιο του 2010 μια τρισδιάστατη φορητή παιχνιδομηχανή. Το μοντέλο 3DS διαθέτει δύο οθόνες με τεχνολογία "eye detect"<sup>124</sup> στις οποίες ο παίκτης παρακολουθεί τρισδιάστατη εικόνα. Μάλιστα διαθέτει δυο εξωτερικές κάμερες οι οποίες τραβούν στερεοσκοπικά ζεύγη φωτογραφιών.<sup>125</sup> Μία ακόμη στερεοσκοπική κάμερα από τη Minoru (εικόνα 43) προωθήθηκε στην αγορά το 2009. Η κάμερα Minoru έχει την εμφάνιση προσώπου ενός μικρού ρομπότ και προορίζεται για χρήση με υπολογιστή, όπως και μια κοινή "webcam". Διαθέτει όμως δύο κάμερες σε απόσταση 6 εκατοστών, πολύ κοντά στην διακορική απόσταση των οφθαλμών ώστε αν δίνει ένα αρκετά φυσικό και ικανοποιητικό αποτέλεσμα. Η συσκευασία διαθέτει 5 ζευγάρια ανάγλυφων γυαλιών

<sup>120</sup> Florin Troaca, *Motorola Unique Concept with Stereo Camera*, 15/03/2008,

<http://news.softpedia.com/news/New-Motorola-Unique-Concept-With-Stereo-Camera-80988.shtml>

<sup>121</sup> Sharp, *3D camera module*, [http://www.sharp-world.com/corporate/g\\_topix/3d-camera/](http://www.sharp-world.com/corporate/g_topix/3d-camera/)

<sup>122</sup> fullHD.gr, *NXP 3D επεξεργαστής εικόνας*, 15/12/2009, <http://www.fullhd.gr/2008-03-09-23-01-42/3d-tv/2009-12-16-08-32-17/2783-philips-3d-tv-2010-.html>

<sup>123</sup> Samsung, <http://www.samsung.com/au/tv/pdf/3D-tv-warning.pdf>

<sup>124</sup> Κεφάλαιο 5

μπλε και κόκκινο, τα οποία απαιτούνται για την τρισδιάστατη θέαση. Μπορεί εκτός από βίντεο να παράγει και φωτογραφίες με μεγίστη ανάλυση 800x600 pixel.<sup>126</sup>

Στον κινηματογράφο το 2009 η Twentieth Century fox με τον James Cameron παρήγαγαν την εκπληκτική ταινία Avatar, η ταινία δεν διέθετε κάποιο πολύπλοκο ευφυές σενάριο όμως διέθετε την πιο προηγμένη τεχνολογία πάνω στην στερεοσκοπική απεικόνιση και τα κινηματογραφικά εφέ. Το αποτέλεσμα ήταν ιδιαίτερα πραγματικό όσο αφορά την απόδοση του βάθους και η ταινία κατάφερε με αυτόν τον τρόπο να εντάξει το κοινό στον εικονικό της κόσμο. Από τότε ο ίδιος παραγωγός αλλά και αρκετοί άλλοι κυρίως για την παραγωγή κινούμενων σχεδίων παράγουν στερεοσκοπικές ταινίες, με την τεχνολογία σχεδόν να επιβάλλεται για κάθε ταινία με κινηματογραφικά εφέ. Για την παραγωγή χρησιμοποιούνται είτε ειδικές στερεοσκοπικές υψηλής ανάλυσης κάμερες ή και διπλές κάμερες κατάλληλα τοποθετημένες στη σειρά και συγχρονισμένες ή με ενσωματωμένους καθρέπτες ανάλογους των “beam-splitter”

Η αυξημένη ζήτηση τρισδιάστατης απεικόνισης, σε κάθε μορφή της τεχνολογίας με κυρίαρχο τον τρισδιάστατο κινηματογράφο και τα τρισδιάστατα παιχνίδια στον υπολογιστή. Ενέπνευσε εταιρίες να σχεδιάσουν τρισδιάστατα γυαλιά αλλά και μικροαντικείμενα. Οι εταιρίες παραγωγής ταινιών και παιχνιδιών προσπαθούν να προωθήσουν τα τρισδιάστατα γυαλιά ως μόδα. Δημιουργώντας έτσι στον θεατή την ανάγκη να έχει ένα ζευγάρι, πολωτικά, ανάγλυφα ή και διαφραγματικά γυαλιά τα οποία θα χρησιμοποιεί για αντίστοιχη χρήση. Προκειμένου να

καλυφτούν και οι ανάγκες του κοινού για καλή εμφάνιση φορώντας 3D γυαλιά, πληθώρα σχεδίων και τύπων έχουν εμφανιστεί στην αγορά του εξωτερικού, ακόμη και σε οπτικά καταστήματα.<sup>127</sup> Παράλληλα με την βιομηχανία της μόδας σε οπτικά γυαλιά, αναπτύσσεται βιομηχανία με αντικείμενα καθημερινής χρήσης, κυρίως σε μορφή παιχνιδιού. Η Worldwide co, παράγει κάρτες με μηνύματα που αν παρατηρηθούν με ανάγλυφα γυαλιά δίνουν την αίσθηση του βάθους. Επιπλέον παράγει και σημειωματάρια όπου μπορείς να γράψεις και να παρατηρήσεις σε τρεις διαστάσεις, αλλά και ένα συνδυασμό δυο έγχρωμων μολυβιών, μπλε και κόκκινο, που γράφουν ταυτόχρονα και αν παρατηρηθούν με ανάγλυφα γυαλιά δίνουν ανάγλυφη εικόνα.

<sup>127</sup> Gunnar, *i-AMP 3D lens*, [http://www.gunnars.com/technology/technology\\_3D.php](http://www.gunnars.com/technology/technology_3D.php), 08/2010, MicroVision Optical 3D, <http://www.mvo3d.com/>

<sup>125</sup> Nintendo, 3DS, <http://e3.nintendo.com/3ds/>

<sup>126</sup> Alexander Klein, Stuttgart Germany, 2/2009, Stereoscopy, τεύχος 78, σειρά 2

## Κεφάλαιο Τέταρτο - Τεχνική της λήψης της στερεοσκοπικής εικόνας

### 4.1-Εισαγωγή

Αφού έγινε ανάλυση για την αντίληψη της όρασης και μια εκτενή ιστορική αναδρομή στην πορεία της στερεοφωτογραφίας, θα αναλυθούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά της στέρεο-φωτογράφισης και γενικότερα της στερεοσκοπικής παραγωγής εικόνων. Θα αναλυθούν επίσης οι βασικές απαιτήσεις για την σωστή λήψη των στέρεο-ζευγών αλλά και οι βασικές αρχές για τη σωστή θέαση, όπως έχουν αναφερθεί στις διάφορες πηγές που είναι διαθέσιμες. Ουσιαστικά διακρίνονται δύο τρόποι παρατήρησης στερεοφωτογραφιών ανάλογα με το αν χρειάζεται κάποιο οπτικό όργανο ή όχι. Ο ένας τρόπος είναι η ελεύθερη παρατήρηση, όταν οι εικόνες του στέρεο-ζεύγους βρίσκονται σε παράθεση - εδώ υπάρχει βέβαια και η δυνατότητα χρήσης στερεοσκοπίου, όπως αυτό του Brewster τον 19<sup>ο</sup> αιώνα. Ο δεύτερος είναι η παρατήρηση με στερεοσκοπικά γυαλιά, δηλαδή η αναγλυφία που εισήγαγε ο Louis Ducos du Hauron, όπου απαιτείται χρήση κατάλληλου οπτικού οργάνου με χρωματικά φίλτρα, συνήθως μπλε και κόκκινο, ή πολωτικών φακών, όταν μιλάμε για προβολή με πολωτικά φίλτρα.

Στις δύο παραπάνω περιπτώσεις η παραγωγή των στέρεο-ζευγών δε διαφέρει, διαφέρει όμως η θέαση ανάλογα με τον τρόπο που θα επιλεγεί να γίνει. Όταν λοιπόν η θέαση στερεοσκοπικών εικόνων γίνεται χωρίς κάποιο οπτικό όργανο, τότε ακολουθούνται διαφορετικές διαδικασίες ανάλογες κάθε φορά με το επιθυμητό τελικό αποτέλεσμα. Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει εκτενέστερη αναφορά στην περίπτωση της παρατήρησης με οπτικό όργανο, και όχι για την παρατήρηση χωρίς αυτό, η οποία άλλωστε στις περισσότερες περιπτώσεις είναι πολυπλοκότερη,

αφού συνήθως περιλαμβάνει περισσότερες από δυο εικόνες και ειδικές επεξεργασίες εκτύπωσης, ώστε να δοθεί το επιθυμητό τρισδιάστατο αποτέλεσμα. Για να παραχθεί η ψευδαίσθηση της τρίτης διάστασης χρησιμοποιώντας δισδιάστατες εικόνες πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποιες βασικές αρχές. Καταρχήν αυτές που έχουν ήδη αναφερθεί, δηλαδή τα μονοοπτικά και διοπτικά κριτήρια αντίληψης των αντικειμένων στο χώρο και γενικότερα η λειτουργία της όρασης μας.

Σύμφωνα λοιπόν με τη διόφθαλμη όραση, για να επιτευχθεί τρισδιάστατη εικόνα, χρειάζονται καταρχήν δύο ελαφρώς διαφορετικές εικόνες. Αυτές πρέπει να είναι σωστά μελετημένες και κατάλληλα τοποθετημένες. Συγκεκριμένα πρέπει το θέμα να καταγραφεί στερεοσκοπικά, και αυτό επιτυγχάνεται, όταν η καταγραφική μηχανή δώσει δύο ελαφρώς διαφορετικές εικόνες σε αναλογία με τους οφθαλμούς. Για την σωστή απόδοση δίνεται αλγόριθμος σύμφωνα με την απόσταση του θέματος από την κάμερα και αποδίδει τις δύο διαφορετικές γωνίες λήψης. Οι εικόνες τυπώνονται ή προβάλλονται κατάλληλα σε συγκεκριμένες αποστάσεις και κατάλληλη επεξεργασία. Παράλληλα είναι απαραίτητη η χρήση οπτικών γυαλιών που διαχωρίζουν τον κάθε οφθαλμό με πολωτικά ή χρωματικά φίλτρα, ώστε να βλέπει μια από τις δισδιάστατες εικόνες, ή η χρήση στερεοσκοπίου που χωρίζει με πέτασμα τους δύο οφθαλμούς. Για την πιστή απόδοση του θέματος χρειάζονται αρκετές λεπτομέρειες και διαδοχική μελέτη. Οι βασικές αρχές της τρισδιάστατης απεικόνισης και θέασης θα αναλύονται παρακάτω, ενώ θα γίνει απόδοση στο πέμπτο κεφάλαιο.

#### 4.2 -Η λήψη - Αρχές στέρεο-απεικόνισης

Για ένα σωστό στέρεο-ζεύγους χρειάζεται να γίνει η απαιτούμενη πλάγια μετατόπιση της φωτογραφικής μηχανής ανάμεσα σε δύο διαδοχικές λήψεις για ακίνητα θέματα, ή με δυο συγχρονισμένες κάμερες που βλέπουν σχεδόν το ίδιο θέμα αντιγράφοντας τα μάτια, ή τέλος με μια φωτογραφική μηχανή ειδικά σχεδιασμένη να δίνει δύο ελαφρά διαφορετικές λήψεις με το πάτημα του κλείστρου. Είναι σαφές φυσικά πως σε όλες τις περιπτώσεις οι δύο τελικές λήψεις πρέπει να έχουν γίνει με ακριβώς τις ίδιες ρυθμίσεις. Να τηρείται δηλαδή η ίδια φωτομέτρηση, το ίδιο white balance όταν μιλάμε για ψηφιακή φωτογραφική μηχανή, ίδια ταχύτητα και βάθος πεδίου. Στην περίπτωση δε που χρησιμοποιούνται δύο κάμερες απαιτείται να είναι όμοιες και να διαθέτουν τον ίδιο φωτογραφικό φακό.

Είναι απαραίτητο να υπολογιστεί και ο παράγοντας χρόνος, κυρίως όταν γίνεται χρήση μόνο μιας φωτογραφικής μηχανής, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη πως, για να γίνει μια σωστή στερεοσκοπική εικόνα, δεν πρέπει τίποτα στο θέμα να κινείται, αν αυτό συμβεί θα υπάρχει αστοχία και δεν θα είναι σαφή η εικόνα.<sup>128</sup> Επιπλέον αν η λήψη γίνεται σε εξωτερικό περιβάλλον με μη ελεγχόμενο φως είναι χρήσιμο να λαμβάνεται υπόψη η θέση του ήλιου, ώστε να μην αλλάζει δραματικά μεταξύ των δύο λήψεων. Με τη χρήση φλας, είναι σαφές ότι το φλας πρέπει να βρίσκεται σε σταθερή θέση και να μην μετακινείται με την πλάγια μετατόπιση της μηχανής. Στην περίπτωση που μετακινείται το φλας ή ο ήλιος, αλλάζουν θέση οι σκιές και οι φωτισμένες περιοχές, με αποτέλεσμα στις δυο

<sup>128</sup> Fritz G. Waack, "General requirements for the stereo picture", παράγραφος 3. 1., <http://www.stereoscopy.com/library/waack-ch-4.html>

λήψεις να υπάρχουν περιοχές που δεν συμπίπτουν. Βασικό κριτήριο ενός ζεύγους φωτογραφιών είναι καταρχήν η σωστή εστίαση σε όλο το εύρος των εικόνων<sup>129</sup> και η μετατόπιση των δύο φωτογραφικών μηχανών σύμφωνα με τη διακορική απόσταση. Η μετατόπιση αυτή ονομάζεται στερεοσκοπική βάση, συμβολίζεται με το γράμμα β και ισούται με την οριζόντια απόσταση των οπτικών κέντρων ή και αξόνων των δύο φακών.<sup>130</sup> Η μετατόπιση πρέπει πάντα να είναι οριζόντια και παράλληλη στον οπτικό άξονα των φακών. Επιπλέον είναι αναγκαίο να μετακινείται χωρίς σύγκλιση ή απόκλιση στις δύο θέσεις φωτογράφισης.<sup>131</sup>

Τα κριτήρια της έκθεσης ακολουθούν τα ίδια κριτήρια με την γενική θέαση του ανθρώπινου ματιού. Η απόσταση μεταξύ των φακών θα πρέπει να είναι ίση με την απόσταση μεταξύ των οφθαλμών, μεταξύ 55 έως 75 χιλιοστά κατά μέσο όρο 63,5 mm, που είναι η μέση απόσταση και πιο συνήθης για κάθε άνθρωπο.<sup>132</sup> Η κατάλληλη επιλογή της στερεοσκοπικής βάσης εξαρτάται κυρίως από την ελάχιστη απόσταση του θέματος και την εστιακή απόσταση του φακού και δευτερεύοντα έρχονται η μεγέθυνση των τελικών εικόνων, το μέγεθος του φιλμ και οι ιδιαιτερότητες της κάθε σκηνης που επιθυμούμε να φωτογραφίσουμε. Προκειμένου να επιτευχτεί η σωστή μετατόπιση της φωτογραφικής μηχανής και η σωστή απόσταση μεταξύ δύο φωτογραφικών μηχανών πρέπει οι μηχανές να τοποθετούνται πάνω σε μία βάση ράβδο, που δίνει την δυνατότητα στον εικονολήπτη να τις κρατά σταθερές, αλλά και να αυξομειώνει την απόσταση μεταξύ τους μετακινώντας τις πάνω σε μία ράγα (slide bar) (εικόνα 44) ανάλογα με το μέγεθος που θέλει να δώσει

<sup>129</sup> Fritz G. Waack, ό.π. παράγραφος 3.1

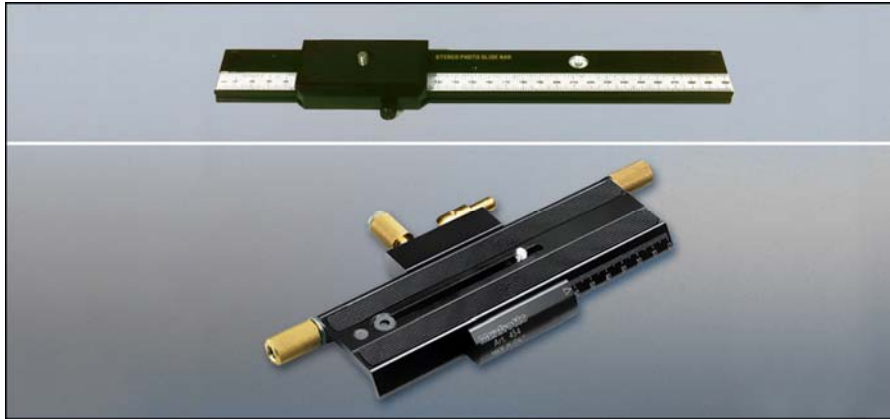
<sup>130</sup> Fritz G. Waack, ό.π. παράγραφος 4.1

<sup>131</sup> Bernard Mendiburu, *3D Movie Making*, focal press, Elsevier 2009

<sup>132</sup> Fritz G. Waack, ό.π. παράγραφος 3.2



στην στέρεο-βάση. Στην αγορά κυκλοφορούν διάφορων τύπων "slide bar" ώστε να εξυπηρετούν κάθε τεχνική. Η ράβδος πρέπει να βρίσκεται σε σταθερό έδαφος και γι' αυτό συνήθως χρησιμοποιείται τρίποδο.



Εικόνα 44, slide bar, <http://www.reduser.net/forum/showthread.php?t=29035>

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω, για το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα, η στέρεο-βάση υπολογίζεται σύμφωνα με τον νόμο του  $1/30^{133}$ , ο οποίος λέει ότι :

Η στερεοσκοπική βάση ή η απόσταση μεταξύ των φακών θα πρέπει να είναι το  $1/30$  της απόστασης από το κοντινότερο σημείο  $d_{\min}$  του θέματος.  $\beta = d_{\min}/30$

όπου  $d$  (= deviation = παρέκκλιση) και  $\beta$  = (στερεοσκοπική) Βάση.

Σύμφωνα με το νόμο του  $1/30$  είναι σαφές πως βάση και βάθος είναι ανάλογα μεγέθη και όσο μεγαλώνει η τιμή της βάσης, τόσο αυξάνεται η

απόσταση του βάθους. Καθώς τα μεγέθη αυτά είναι αλληλένδετα δεν μπορούν να αλλάζουν ανεξέλεγκτα, γιατί μετά από κάποιο σημείο δημιουργούνται παραμορφώσεις στην εικόνα που δυσκολεύει τη θέαση της. Έχοντας υπόψη τη δεδομένη απόσταση μεταξύ των ματιών μας, που είναι περίπου 63,5 mm, ως φυσιολογική απόσταση μεταξύ των οφθαλμών, δίνεται ότι η απόσταση αυτή είναι η κανονική στερεοσκοπική βάση. Αν λοιπόν εφαρμοστεί ο κανόνας του  $1/30$ , λαμβάνεται ότι:

$$\beta = d_{\min}/30 \text{ επομένως εάν } \beta = 63,5 \text{ mm προκύπτει ότι } d_{\min} = 2\text{m}^{134}$$

Άρα χρησιμοποιώντας την κανονική στερεοσκοπική βάση το κοντινότερο σημείο θα πρέπει να βρίσκεται στα 2m. Επιπλέον πρέπει να διευκρινιστεί πως οι ανθρώπινοι οφθαλμοί δεν μπορούν να εστιάσουν σε απόσταση μικρότερη των 25 εκατοστών,<sup>135</sup> όπως δεν αναγνωρίζουν τις αποστάσεις των αντικειμένων σε μακρινές αποστάσεις. Είναι λογικό λοιπόν να ληφθούν υπόψη αυτά τα δεδομένα, πριν δημιουργηθεί μια στερεοσκοπική εικόνα. Ο λόγος που πρέπει να τηρούνται αυτές οι αποστάσεις δεν είναι μόνο η φυσιολογία των ματιών, αλλά η εμπειρία των αναμνήσεων του εγκεφάλου που είναι σημαντικός παράγοντας για την αντίληψη της τρίτης διάστασης, γιατί σε διαφορετική περίπτωση οι εικόνες δε φαίνονται φυσιολογικές και τα μεγέθη είναι δυσανάλογα.

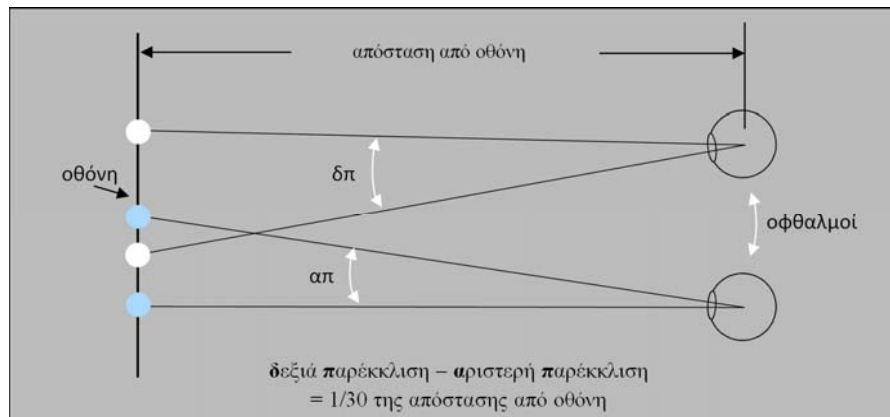
Σε ένα κανόνα όμως υπάρχουν και εξαιρέσεις έτσι ο υπολογισμός της στερεοσκοπικής βάσης δεν βασίζεται απόλυτα στον προηγούμενο κανόνα του  $1/30$ , αφού άλλωστε σε αυτόν δεν συμπεριλαμβάνεται η εστιακή απόσταση του φακού και η οπτική παρέκκλιση. Πρέπει φυσικά να λαμβάνεται υπόψη και ο τρόπος θέασης, το μέγεθος δηλαδή και ο

<sup>133</sup> Fritz G. Waack, ό.π. παράγραφος 4.1

<sup>134</sup> Fritz G. Waack, ό.π. παράγραφος 3.2

<sup>135</sup> Fritz G. Waack, ό.π. παράγραφος 3.1

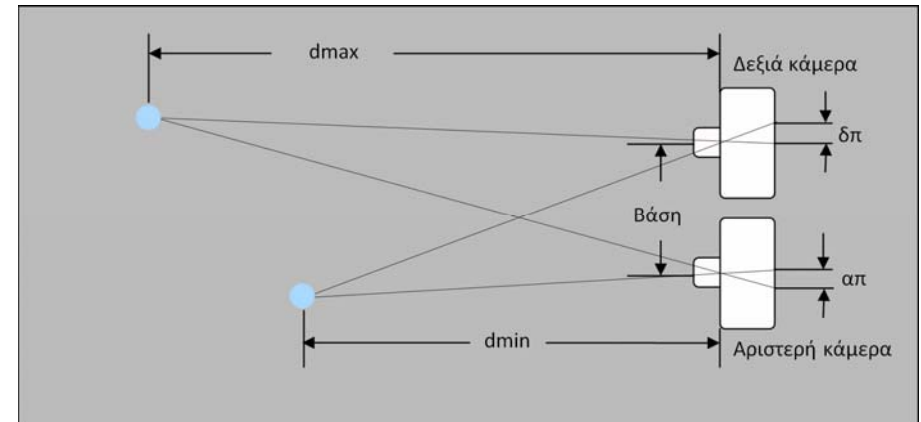
εξοπλισμός παρατήρησης. Ένας άλλος τρόπος για την μέτρηση της στερεοσκοπικής βάσης περιλαμβάνει και τα παραπάνω στοιχεία, όπως την κοντινότερη και μακρινότερη διακριτή απόσταση και την εστιακή απόσταση του φακού. Συγκεκριμένα η τιμή του 1/30 έχει προκύψει από την σχέση που έχει η διαφορά της οπτικής παρέκκλισης σε αναλογία με την απόσταση του κοντινότερου και του πιο απομακρυσμένου αντικείμενου από τους οφθαλμούς μας ή τη φωτογραφική μηχανή.<sup>136</sup> Συγκεκριμένα γίνεται περισσότερο κατανοητό αν υποτεθεί διάταξη με τους οφθαλμούς και οθόνη όπου προβάλλονται δυο ελαφρώς διαφορετικές εικόνες (εικόνα 45). Προκειμένου να υπάρχει άνετη τρισδιάστατη θέαση πρέπει η διαφορά της οπτικής παρέκκλισης να είναι το ένα τριακοστό της απόστασης από την οθόνη.



Εικόνα 45, οπτική παρέκκλιση

<sup>136</sup> John Bercovitz, Maximum depth in stereo photography, <http://www.angelfire.com/ca2/tech3d/images/maofdexpl.doc>

Εάν τώρα στη θέση των οφθαλμών τοποθετηθούν δυο φωτογραφικές μηχανές πρέπει να υπολογιστεί η παρέκκλιση που καταγράφεται στο φιλμ ή CCD και η εστιακή απόσταση του φακού (εικόνα 46).



Εικόνα 46, παρέκκλιση στο φιλμ

Κάνοντας τις κατάλληλες μαθηματικές και γεωμετρικές πράξεις λαμβάνεται ο παρακάτω τύπος:

$$\beta = \text{maofd} / F \times (d_{\min} \times d_{\max}) / d_{\min} - d_{\max} \quad \text{ή} \quad \beta = \text{maofd} / F \times (d_{\min} \times d_{\max}) / \Delta$$

όπου,

**maofd = Maximum Acceptable On Film Deviation** = η εστιακή απόσταση του φακού διαιρεμένη με το 30 ώστε να ακολουθεί το νόμο του 1/30

**F** = η εστιακή απόσταση του φακού

**Δ** =  $d_{\min} - d_{\max}$  = deviation = παρέκκλιση

**d<sub>min</sub>** = κοντινότερη απόσταση από το θέμα

**d<sub>max</sub>** = μακρινότερη απόσταση από το θέμα

<sup>137</sup> Pierre Meidre, stereo base calculator, <http://pmeindre.free.fr/BaseCalc.html>

Σε μια πολυπλοκότερη μορφή του τύπου αυτού λαμβάνεται υπόψη και η απόσταση στην οποία εστιάζει ο φακός **dF** οπότε:

$$\beta = \text{maofd} \times (1/F - 1/dF) (d_{\min} \times d_{\max}) / \Delta^{138}$$

Αρκετά υπολογιστικά προγράμματα όπως το Stereocalc<sup>139</sup> και το Basescalc<sup>140</sup> έχουν δημιουργηθεί ώστε να δίνουν αυτόματα όλες τις τιμές, έτσι εξυπηρετούν τον εικονολήπτη και διευκολύνουν την σωστή λήψη του στέρεο-ζεύγους.

Σύμφωνα με τον παραπάνω νόμο, το  $\Delta$  της παρέκκλισης είναι ανάλογα μεγέθη με την απόσταση του θέματος άρα είναι λογικό η παρέκκλιση να μην μπορεί να κινηθεί πάνω από κάποια τιμή, γιατί αυτό θα σήμαινε πως θα βρισκόταν εκτός καταγραφικού μέσου, άρα δεν θα καταγραφόταν σωστά το θέμα. Τι γίνεται όμως στις περιπτώσεις που έχουμε πολύ μεγάλες αποστάσεις, όπως στην λήψη με τηλεφακό, ή πολύ μικρές, όπως στην μακροφωτογραφία; Προκειμένου να δοθεί το σωστό στερεοσκοπικό ζεύγος χρησιμοποιούνται διαφορετικές βάσεις που δεν υπόκεινται στο νόμο του 1/30, αυτές είναι η υπέρ-στερεοσκοπική και υπό-στερεοσκοπική βάση.

Υπέρ-στερεοσκοπική θεωρείται η βάση που είναι μεγαλύτερη από την κανονική, δηλαδή μεγαλύτερη από 63,5 mm. Μεγαλώνοντας όμως τη βάση δημιουργείται μια μη φυσική εικόνα που γι' αυτό ακριβώς το λόγο ο εγκέφαλος σε συνεργασία με τους οφθαλμούς δεν μπορεί εύκολα να κατανοήσει. Αυτό συμβαίνει, γιατί στις μεγάλες αποστάσεις το φόντο

δείχνει επίπεδο, καθώς οι οφθαλμοί δεν μπορούν να αντιληφθούν τις αποστάσεις των αντικειμένων. Για να αποδοθεί και στις μεγάλες αποστάσεις η αίσθηση του βάθους, είναι απαραίτητο να αυξηθεί η βάση,<sup>141</sup> δίνοντας έτσι την αίσθηση ότι το περιβάλλον παρακολουθείται από κάποιον γίγαντα. Καθώς το θέμα μοιάζει να μην έχει φυσιολογικές διαστάσεις, αλλά δείχνει μικρότερο από το πραγματικό, δημιουργείται ένα φαινόμενο που στη στερεοφωτογραφική απεικόνιση ονομάζεται λιλιπουτισμός. Στην περίπτωση που η βάση είναι μικρότερη από 63,5 mm, τότε μιλάμε για υπό-στερεοσκοπική βάση<sup>142</sup> και για θέματα όπου το πλησιέστερο σημείο μπορεί να είναι πάρα πολύ κοντά, μόλις λίγα χιλιοστά, μιλάμε δηλαδή για μακροφωτογράφιση. Για να ληφθεί ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα πρέπει να χρησιμοποιηθεί μικρή βάση, που σε αντιστοιχία με την πολύ μεγάλη βάση θα δώσει μη φυσικά αποτελέσματα που θα δείξουν το θέμα τεράστιο. Αντίστοιχα το φαινόμενο αυτό ονομάζεται γιγαντισμός.

Η παραπάνω μεθοδολογία εντοπισμού της σωστής στέρεο-βάσης αποτελεί την απλούστερη μορφή μαθηματικών τύπων για τις συνήθεις συνθήκες στέρεοφωτογράφισης. Όταν δε, είναι διαθέσιμο και κάποιο υπολογιστικό πρόγραμμα τότε η εύρεση της βάσης γίνεται ακόμη ευκολότερη. Ωστόσο αν ληφθούν υπόψη περισσότερα στοιχεία που είναι πολύ πιθανό να εμφανιστούν κατά τη λήψη ή αν υπάρχουν ειδικές συνθήκες φωτογράφισης, όπως η αεροστερεοφωτογράφιση, τότε για ένα τέλειο στέρεο-ζεύγος χρειάζονται ακόμη πιο περίπλοκοι υπολογισμοί. Για παράδειγμα θα ήταν δυνατόν να μελετηθεί η επιλογή του ζουμ του φακού που παραμορφώνει την εικόνα. Ακόμη θα μπορούσε να

<sup>138</sup> John Bercovitz, ό.π.

<sup>139</sup> Takashi Sekitani, *Stereo Calc*, [http://www.stereoeye.jp/software/sbcalc\\_e.html](http://www.stereoeye.jp/software/sbcalc_e.html)

<sup>140</sup> Pierre Meidre, ό.π.

<sup>141</sup> Kenneth S. Tydings, *The Stereo Realist Guide*, εκδόσεις GREENBERG, NEW YORK, Πέμπτη έκδοση, Ιούλιος 1953, σ. 100-101

<sup>142</sup> Kenneth S. Tydings, ό.π. σ. 93-100

υπολογιστεί η μετατόπιση της μιας από τις δυο μηχανές πίσω από την άλλη σε συνδυασμό με το ζουμ, όταν η λήψη γίνεται με δυο κάμερες. Πολύ περισσότερο θα χρειαζόταν μελέτη αν οι δυο κάμερες ήταν διαφορετικές.<sup>143</sup> Όλα αυτά βέβαια καθώς είναι περίπλοκα μπορούν απλά να παραληφτούν και να μην χρησιμοποιηθούν στις στερεοσκοπικές λήψεις.

<sup>143</sup> Dr Frank Di Marzio, *The Di Marzio equation for stereography*,  
[http://nzphoto.tripod.com/stereo/3dtake/Di\\_Marzio\\_Equation\\_Technical\\_Web.pdf](http://nzphoto.tripod.com/stereo/3dtake/Di_Marzio_Equation_Technical_Web.pdf)

#### 4.3 - Η λήψη - ο εξοπλισμός

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, υπάρχουν πολλαπλοί μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να παραχθεί μια τρισδιάστατη εικόνα. Για την παραγωγή του στέρεο-ζεύγους είναι απαραίτητος στερεοσκοπικός εξοπλισμός και υπάρχουν τέσσερις διαφορετικοί τύποι. Υπάρχει η στέρεο-κάμερα: εικονοληπτική μηχανή που αποτελείται από δύο φακούς και υπό περιπτώσεις, από περισσότερους. Η μέθοδος με το διαχωριστή δέσμης, όπου σε μια απλή φωτογραφική μηχανή τοποθετείται διάταξη καθρεπτών όμοια με αυτήν του Wheatstone, ώστε σε ένα φιλμ ή CCD να καταγράφονται δυο ελαφρώς διαφορετικές εικόνες. Τη χρήση δύο φωτογραφικών μηχανών σε συντονισμό, ώστε να φωτογραφίζουν ελαφρώς διαφορετικό θέμα με ταυτόχρονη λήψη. Τέλος τη χρήση μιας φωτογραφικής μηχανής που παράγει διαδοχικές λήψεις με παράλληλη μετατόπιση.

Η στέρεο-κάμερα αποτυπώνει ταυτόχρονα τις δυο στερεοσκοπικές απόψεις του θέματος, μιμούμενη τη δομή του ανθρώπινου κεφαλιού και αντικαθιστώντας τους ανθρώπινους οφθαλμούς. Οι εικόνες αποθηκεύονται στο ίδιο φιλμ ή αισθητήρα σε δύο διαφορετικά καρέ. Στην πραγματικότητα δυο φωτογραφικές μηχανές που έχουν συνδεθεί η μια δίπλα με την άλλη μέσα σε φωτοστεγανό περίβλημα και διαθέτουν δύο πανομοιότυπους φακούς με τους οπτικούς άξονες να απέχουν 65 με 70 χιλιοστά μεταξύ τους όσο και η διακορική απόσταση, εξοπλίζουν την στέρεο-κάμερα. Οι ρυθμίσεις της εστίασης του διαφράγματος της ταχύτητας και η απελευθέρωση του κλείστρου έχουν κατάλληλα συζευχθεί, ώστε να λειτουργούν ταυτόχρονα και ισότιμα. Ο χειρισμός της κάθε ρύθμισης γίνεται με μία μόνο κίνηση και αυτό είναι το μεγαλύτερο

πλεονέκτημα της.<sup>144</sup> Φυσικά σήμερα οι περισσότερες στερεοσκοπικές φωτογραφικές μηχανές είναι ψηφιακές και διαθέτουν και σύστημα τρισδιάστατης LCD οθόνης ή οθόνης με "lenticular" επικάλυψη φακών, έτσι ώστε να μπορεί ο φωτογράφος να δει το αποτέλεσμα, πριν περάσει τις φωτογραφίες στον υπολογιστή του ώστε να κάνει το συνδυασμό των καρτέ χωρίς τη χρήση κάποιου οπτικού οργάνου.

Η στερεοσκοπική κάμερα φαίνεται η ιδανικότερη λύση για τη σωστή και εύκολη παραγωγή στερεοσκοπικών εικόνων και βίντεο, καθώς οι εικόνες που προκύπτουν δίνουν τη σωστή αίσθηση της τρίτης διάστασης για τα αντικείμενα που απέχουν δύο περίπου μέτρα από τη στέρεο-κάμερα. Η σταθερή ωστόσο απόσταση των φακών, άρα και η σταθερή στερεοσκοπική βάση είναι το σοβαρότερο μειονέκτημα μιας στέρεο-κάμερας, αφού προορίζεται μόνο για λήψη θεμάτων με συγκεκριμένες αποστάσεις από αυτήν. Την ίδια στιγμή στις περισσότερες στέρεο-κάμερες η εναλλαγή φακών με διαφορετική εστιακή απόσταση είναι απαγορευτική,<sup>145</sup> χωρίς βέβαια αυτό να είναι κανόνας. Εταιρίες, όπως η Γερμανική RBT (εικόνα 47), καταφέρνουν να συνδυάσουν συμβατές SLR φωτογραφικές μηχανές δημιουργώντας μια στέρεο-κάμερα με δυο φακούς που έχουν τη δυνατότητα να αλλάζουν.<sup>146</sup>

<sup>144</sup> Julious B.Kaiser, ό.π. σ. 40

<sup>145</sup> Julious B.Kaiser, ό.π. σ. 57

<sup>146</sup> 3D Concepts, QNA, *3D Film Cameras and Attachments*, <http://www.stereoscopy.com/3d-concepts/camerafilm.html>



**Εικόνα 36,** Στερεοσκοπική κάμερα yashica από την RBT,

Στην κατηγορία της στέρεο-κάμερας θα μπορούσαν να ενταχθούν και παλιότερα μοντέλα φωτογραφικών μηχανών που επέτρεπαν τη μετακίνηση του φακού πάνω σε άξονα εντός φυσικά του φωτοστεγανού κιβωτίου της φωτογραφικής μηχανής. Παράδειγμα τέτοιας μηχανής ήταν η Contessa –Nettel (εικόνα 48) παραγωγή του 1921 η οποία διέθετε δύο φακούς Carl Zeiss εκ των οποίων ο ένας μπορούσε να μετακινηθεί ή και να αφαιρεθεί. Η συγκεκριμένη μηχανή είχε τη δυνατότητα να μετατραπεί σε πανοραμική κάμερα με την αφαίρεση του διαχωριστικού πετάσματος που χρησίμευε για τη μη συγχώνευση των δυο καρτέ στην περίπτωση της στερεοσκοπικής λήψης.<sup>147</sup>

<sup>147</sup> David K. Hoyt, *Contessa-Nettel Deckrullo Stereo Tropical*, <http://www.clickondavid.com/images/contessa.pdf>



*Εικόνα 37, Contessa –Nettel,  
<http://www.flickr.com/photos/miknelson/124821110/in/pool-46195334@N00/>*

Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται κάποια συσκευή διαχωρισμού δέσμης, αυτή εφαρμόζεται στο φακό της φωτογραφικής μηχανής ανεξάρτητα από την επωνυμία της. Ο διαχωριστής δέσμης λειτουργεί όπως και το κατοπτρικό στερεοσκόπιο του C.Wheatstone. Υπάρχουν δύο πρίσματα ή κάτοπτρα, ή συνδυασμός πολλαπλών τα οποία εξαιτίας των διαφορετικών τους θέσεων οδηγούν τις δύο ελαφρώς διαφορετικές απόψεις του θέματος στο καρέ της κάμερας με την απελευθέρωση του κλείστρου. Ένα από τα μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι ο περιορισμός που θέτει στη χρήση διαφορετικής στερεοσκοπικής βάσης. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για φακούς με συγκεκριμένη εστιακή απόσταση συγκεκριμένη διάμετρο, διάφραγμα και απόσταση θέματος. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι το πολύ μικρό μέγεθος εικόνας που δίνει και η μείωση φωτεινότητας στα άκρα. Παρόλα αυτά είναι μια πολύ οικονομική λύση και τα αποτελέσματα είναι αρκετά ικανοποιητικά. Η



*Εικόνα 38, διαχωριστής δέσμης από την Loreo,  
<http://www.flickr.com/photos/sharper3d/2653610260/>*

εταιρία Loreo παράγει διάφορα οπτικά πρόσθετα για τους φακούς που εξυπηρετούν την παραγωγή εικόνων με εφέ. Μια από τις κατηγορίες είναι τα beam-splitter, που συνδυάζουν δύο φακούς διαχωρίζοντας το μοναδικό φακό της μηχανής (εικόνα 49), ώστε να δίνεται το αποτέλεσμα τις στερεοσκοπικής φωτογραφίας.<sup>148</sup>

<sup>148</sup> International Stereoscopic Union, *Making a Start in Stereo*, <http://www.isu3d.org/>

Η στέρεο-κάμερα που αποτελείται από δύο φωτογραφικές μηχανές θα πρέπει να φέρει σώματα από ίδια μοντέλα μηχανών και ίδιας εστιακής απόστασης φακούς για την αποφυγή παραμορφώσεων. Οι ρυθμίσεις των λειτουργιών των μηχανών θα πρέπει να είναι ίδιες και η απελευθέρωση του κλείστρου θα πρέπει να γίνεται ταυτόχρονα. Επιπλέον οι δύο μηχανές πρέπει να έχουν παράλληλους οπτικούς άξονες και να βρίσκονται πάνω στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Τέλος η απόσταση του θέματος στην κάθε εικόνα ξεχωριστά πρέπει να είναι ίδια, για να μην προκύψει διαφορά κλίμακας στην τελική εικόνα.<sup>149</sup> Το μειονέκτημα του να χρησιμοποιεί κάποιος δύο μηχανές είναι ότι δεν έχει την δυνατότητα να επιλέξει μικρές τιμές στην στερεοσκοπική βάση και αυτό γιατί από ένα σημείο και μετά δεν το επιτρέπει η επαφή των δύο σωμάτων.<sup>150</sup> Παρέχει όμως πολλά πλεονεκτήματα, όπως φωτογράφιση κινουμένων αντικειμένων, μεγαλύτερο έλεγχο, τυχόν μετακίνηση του κάδρου και γρηγορότερο αποτέλεσμα, αφού με μία λήψη υπάρχει έτοιμο το ζεύγος προς επεξεργασία.

Η οικονομικότερη και απλούστερη λύση, για να παραχθούν στέρεο-ζεύγη, είναι η χρήση μιας μόνο φωτογραφικής μηχανής που μετακινείται πλάγια, ανάλογα με την επιθυμητή στερεοσκοπική βάση, σε απόλυτα οριζόντιο άξονα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μετατόπιση της φωτογραφικής μηχανής πάνω σε ράβδο (slide-bar). Στη φωτογράφιση με μια μόνο κάμερα είναι απαραίτητο να τηρούνται οι ίδιες συνθήκες λήψης.<sup>151</sup> Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η ευελιξία που προσφέρει στην επιλογή της βάσης και η σταθερότητα στον εξοπλισμό αφού εκ των πραγμάτων είναι ακριβώς ο ίδιος. Το βασικό όμως

μειονέκτημα είναι η απαγορευτική λήψη κινούμενων θεμάτων.<sup>152</sup> Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην κίνηση του θέματος ειδικά σε εξωτερικούς χώρους. Είναι πολύ πιθανό για παράδειγμα να πετάξει ένα πτηνό ή να κινηθούν τα φύλλα ενός δέντρου εξαιτίας του αέρα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η παραγωγή βίντεο είναι εφικτή μόνο σε πολύ ελεγχόμενες συνθήκες.

Ένας άλλος τρόπος λήψης των στέρεο-φωτογραφιών με τη χρήση μιας φωτογραφικής μηχανής είναι η λήψη με τη μέθοδο cha-cha. Η μέθοδος αυτή δεν απαιτεί τρίποδο και στερεοσκοπική κεφαλή, καθώς βασίζεται στην σχεδόν τυχαία λήψη, που βασίζεται με τη σειρά της στην εμπειρία του φωτογράφου, να υπολογίζει την απόσταση της βάσης σε σχέση με το φωτογραφιζόμενο θέμα. Συγκεκριμένα ο φωτογράφος τοποθετεί αρχικά την φωτογραφική μηχανή στο αριστερό του μάτι και κάνει την πρώτη λήψη, έχοντας σταθεί στο αριστερό του πόδι. Τη δεύτερη λήψη την λαμβάνει μετακινώντας κατά το δυνατό οριζόντια τη μηχανή στο δεξί του μάτι και στηρίζεται στο δεξί του πόδι. Με αυτήν την μέθοδο επειδή τα αποτελέσματα είναι αμφίβολα λόγω του ανθρώπινου σφάλματος, που μπορεί πιο εύκολα να παρουσιαστεί, είναι συνετό να γίνονται περισσότερες από δυο λήψεις, ώστε να βρεθεί ανάμεσά τους το καταλληλότερο στέρεο-ζεύγος.<sup>153</sup> Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η ταχύτητα και ευκολία της παραγωγής του στέρεο-ζεύγους με τον ελάχιστο εξοπλισμό. Ενώ το μειονέκτημα παραμένει η λήψη μόνο στατικών θεμάτων αλλά και η συνήθως κακή ποιότητα της τρισδιάστατης εικόνας. Φυσικά με αυτή τη μέθοδο η παραγωγή βίντεο δεν είναι εφικτή.

<sup>149</sup> Bernard Mendiburu, ό.π. σ. 48-51

<sup>150</sup> Julious B.Kaiser, ό.π. σ. 30

<sup>151</sup> Arthur W. Judge, *Stereoscopic Photography*, Chapman and Hall, Λονδίνο, 2<sup>η</sup> έκδοση, 1935, σ. 50

<sup>152</sup> Julious B.Kaiser, ό.π. σ. 21

<sup>153</sup> Donald E. Simanek, *The cha-cha method*, <http://www.lhup.edu/~dsimanek/3d/stereo/shifty.htm>

Ειδικότερα για την παραγωγή του βίντεο ο πλέον ιδανικότερος τρόπος είναι η κάμερα που διαθέτει δύο φακούς και καταγράφει σε ένα αισθητήρα δυο ελαφρώς διαφορετικές λήψεις της σκηνής. Μάλιστα την εποχή που οι κάμερες κατέγραφαν ακόμη σε φιλμ, η προβολή γινόταν με τη χρήση αναμορφηκού φακού, όπως έχει αναφερθεί, ο οποίος διαχειριζόταν αυτά τα δυο καρέ που βρίσκονταν το ένα δίπλα στο άλλο με τέτοιο τρόπο ώστε να τα προβάλλει το ένα πάνω στο άλλο αφού το καθένα περάσει από το αντίστοιχο πολωτικό φίλτρο. Σήμερα που η καταγραφή είναι ψηφιακή τα δυο καρέ διαχωρίζονται με το κατάλληλο

λογισμικό, είτε κάθε σειρά καρέ καταγράφεται σε διαφορετική κάρτα μνήμης.



Εικόνα 39, προβολή μετά από λήψη με στερεοσκοπική κάμερα, <http://camerent-news.blogspot.gr/2011/01/video-camera-crane-jib-hire-and-rental.html>



## Κεφάλαιο πέμπτο-Κριτήρια, μέθοδος συνδυασμού και παρουσίαση του στερεοζεύγους

### 5.1 - Μετατροπή 2D ζεύγους σε 3D στέρεο

Αφού γίνει η διπλή λήψη του επιθυμητού θέματος με την κατάλληλη και σωστή διαδικασία, ώστε να δοθεί το στέρεο-ζεύγος, και η απόσταση λήψης είναι περίπου 65 χιλιοστά, το επόμενο βήμα είναι ο συνδυασμός του στέρεο-ζεύγους, η προετοιμασία δηλαδή των δύο εικόνων για παρατήρηση. Οι δυο δισδιάστατες εικόνες πρέπει να τοποθετηθούν σε κατάλληλες θέσεις, ώστε να δημιουργηθεί μια τρισδιάστατη εικόνα. Το τρίτο και τελικό βήμα είναι η μετατροπή των λήψεων, η οποία πρέπει να είναι πάντα ανάλογη με την μέθοδο παρουσίασης και αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα για τη σωστή θέαση του στέρεο-ζεύγους και την πετυχημένη τρισδιάστατη εικόνα. Τα όρια του κάδρου της τρισδιάστατης εικόνας λειτουργούν σαν παράθυρο όπου έξω από αυτό διαδραματίζεται το τρισδιάστατο σκηνικό και μέσα από αυτό ο θεατής παρατηρεί την εικόνα με ποιότητες βάθους και χώρο. Το παράθυρο αυτό ονομάζεται στη γλώσσα της τρισδιάστατης απεικόνισης στέρεο-παράθυρο και αποτελεί ένα σημαντικό όρο για την κατανόηση της μετατροπής από 2D σε 3D.<sup>154</sup> Είναι σημαντικό το θέμα να μην διακόπτεται από το κάδρο, καθώς σε αντίθετη περίπτωση δεν επιτυγχάνεται η απόδοση του βάθους ή απλά γίνεται με αφύσικο και κουραστικό τρόπο.<sup>155</sup>

Για τον επιτυχημένο συνδυασμό πρέπει να τηρούμε κάποιες βασικές αρχές. Καταρχήν σωστή στερεοσκοπική λήψη του θέματος. Αυτό απαιτεί

ίδιες συνθήκες λήψης, δηλαδή όμοιο μέγεθος καρέ και όμοιοι φακοί, ώστε να μην υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα μεγέθη και την κλίμακα, φυσικά σωστή τοποθέτηση της μηχανής ή των μηχανών και εφαρμογή της σωστής στέρεο-βάσης. Μετά τη σωστή λήψη η πρώτη απλή κίνηση για το σωστό συνδυασμό είναι οι διπλές εικόνες να τοποθετηθούν σε σωστή σειρά, σύμφωνα με την αριστερή και δεξιά λήψη του θέματος που αντιστοιχούν στον αριστερό και δεξιό οφθαλμό.<sup>156</sup> Επιπλέον θα πρέπει να έχουν τηρηθεί η σωστή μεγέθυνση και κλίμακα. Ακόμη δεν θα πρέπει τα θέματα να έχουν διαφορετική γωνία λήψης. Βασικότερο κριτήριο του συνδυασμού είναι ο τρόπος θέασης που καθορίζει και τον τρόπο ή το μέσο με το οποίο θα συνδυαστούν οι δύο εικόνες.<sup>157</sup> Ο τρόπος συνδυασμού είναι πολύ διαφορετικός στην περίπτωση ελεύθερης παρατήρησης χωρίς γυαλιά από αυτόν που απαιτεί τη χρήση γυαλιών.

Ο συνδυασμός είναι η σωστή τοποθέτηση των εικόνων σε ενιαίο φορέα με τρόπο, ώστε τα "ομόλογα" σημεία των δύο εικόνων να έχουν τη σωστή μεταξύ τους απόσταση και θέση για την περίπτωση ελεύθερης παρατήρησης. Ή τα ομόλογα σημεία να βρίσκονται σε ομόλογη-ίδια θέση για την περίπτωση της παρατήρησης με οπτικά φίλτρα, όπως η παρατήρηση με αναγλυφία.<sup>158</sup> Ο συνδυασμός του στέρεο-ζεύγους στηρίζεται στον καθορισμό της σχετικής θέσης των ομόλογων σημείων των δύο φωτογραφιών. Ομόλογα σημεία ονομάζονται τα εστιασμένα μέρη των δύο ειδώλων της κάθε εικόνας σε αντίστοιχες περιοχές των αντίστοιχων αντικειμένων. Βασική αρχή είναι τα ομόλογα σημεία μετά το συνδυασμό να βρίσκονται στο ίδιο ύψος, δηλαδή να απέχουν το ίδιο, από το πάνω ή το κάτω όριο του στέρεο-παραθύρου. Στην αντίθετη

<sup>154</sup> Lenny Lipton, ό.π. σ. 276

<sup>155</sup> The 3d revolution, *Frame boundaries*, <http://www.the3drevolution.com/3dscreen.html>

<sup>156</sup> Bernard Mendiburu, ό.π. σ. 137-138

<sup>157</sup> Βασιλική Χερουβείμ, ό.π. σ.52-53

περίπτωση διαπιστώνεται ότι υπάρχει κατακόρυφο σφάλμα ή σφάλμα ύψους, που οφείλεται σε λάθος της φωτογράφισης ή ακόμη και της εκτύπωσης αν επεξεργαζόμαστε φωτογραφίες. Πρέπει επίσης να έχουν την κατάλληλη απόσταση μεταξύ τους, η οποία εξαρτάται από τον τρόπο θέασης του στέρεο-ζεύγους.<sup>159</sup> Είναι πάντα πολύ σημαντικό να τοποθετούνται σε κατάλληλη σειρά οι δύο εικόνες, δηλαδή η δεξιά άποψη του θέματος στην δεξιά πλευρά και η αριστερή άποψη του θέματος στην αριστερή πλευρά αντίστοιχα. Δεδομένου ότι οι δύο φωτογραφίες έχουν πολύ μικρές διαφορές μεταξύ τους, για να ξεχωρίζουν, ο καλύτερος τρόπος είναι να ρυθμίζεται το θέμα αυτό από τη στιγμή της λήψης.

Σήμερα ο συνδυασμός των στερεοσκοπικών εικόνων έχει περάσει σε υπολογιστικά προγράμματα. Μερικά από αυτά βασίζονται σε αλγορίθμους που παράγονται βάση κάποιων ομόλογων σημείων. Τα λειτουργικά αυτά προγράμματα είναι μέρος της εφαρμογής της όρασης των υπολογιστών, ενώ κάποια αλλά κάνουν ένα σχετικό συνδυασμό που πρέπει να τελειοποιηθεί με το μάτι στην οθόνη του υπολογιστή. Προσεγγίζοντας τις εικόνες που λαμβάνονται από τα ανθρώπινα μάτια με τη χρήση κάποιου αλγοριθμικού προγράμματος συγκεκριμένα τμήματα του αντικειμένου, καθώς είναι εμφανή και στις δύο εικόνες, εντοπίζονται και αναλύονται. *"Οι εσωτερικές και εξωτερικές παράμετροι των οπτικών συστημάτων χρησιμοποιούνται για την διαδικασία βαθμονόμησης. Η βαθμονόμηση επιτρέπει την ανάκτηση της τρίτης διάστασης ενός σημείου που είναι κοινό ανάμεσα στις δύο φωτογραφίες. Η αναγνώριση των κοινών σημείων πάνω στις εικόνες πραγματοποιείται με μεθόδους*

<sup>158</sup> Bob Aldridge, *Mounting Stereo Slides*, <http://www.stereoscopy.com/isu/mounting.html>, 10/2009

<sup>159</sup> Herbert C. McKay, *Three-dimensional photography*, Stratford press, 1953, Νέα Υόρκη, σ. 51-52

*αυτόματες ή χειροκίνητες. Η ανάκτηση του βάθους γίνεται με μαθηματικούς αλγορίθμους που χρησιμοποιούν παραμέτρους από τη βαθμονόμηση και τη διαφορά θέσης των κοινών σημείων ανάμεσα στις δύο εικόνες".*<sup>160</sup> Κάποια από τα προγράμματα αυτά δίνουν την δυνατότητα αναδημιουργίας μίας δισδιάστατης εικόνας μετακινώντας αντικείμενα, έτσι ώστε να παράγεται ψεύδο-στέρεο-ζεύγος με αποτέλεσμα την τρισδιάστατη απεικόνιση. Σε αυτές τις περιπτώσεις όμως η παρατήρηση είναι κουραστική και δεν βοηθάει στην διάδοση των τρισδιάστατων εφαρμογών.<sup>161</sup>

Στο παρελθόν βέβαια ο συνδυασμός του στέρεο-ζεύγους βασιζόταν στην παρατήρηση μέσω στερεοσκοπίου ή στην παρατήρηση με View-master. Σε κάθε περίπτωση είχαν δημιουργηθεί κατάλληλα όργανα για τον σωστό συνδυασμό των εικόνων, όπως ειδικά μηχανήματα κοπής των διαφανειών και πλαίσια τοποθέτησής τους. Στην περίπτωση χρήσης στερεοσκοπίου, η απόσταση των ομόλογων σημείων έχει σχέση με την κατηγορία και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οργάνου, δηλαδή την εστιακή απόσταση των φακών και τη μεγέθυνση που αυτοί επιτυγχάνουν.<sup>162</sup> Στην περίπτωση της παρατήρησης χωρίς κάποιο οπτικό όργανο και εφόσον δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάποιο λειτουργικό πρόγραμμα για τον συνδυασμό των εικόνων, είναι σημαντικό να γίνεται προσεκτικός έλεγχος του ζεύγους με το μάτι. Αρχικά να εντοπίζεται η αριστερή από την δεξιά άποψη του θέματος σύμφωνα με παρατηρήσεις στη μετατόπιση των αντικειμένων σε σχέση με το φόντο. Για παράδειγμα στην δεξιά άποψη του θέματος το παρατηρούμενο αντικείμενο θα είναι

<sup>160</sup> Ινστιτούτο Πολιτιστικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,

[http://www.ipet.gr/digitech2/index.php?option=com\\_content&task=view&id=63&Itemid=53](http://www.ipet.gr/digitech2/index.php?option=com_content&task=view&id=63&Itemid=53)

<sup>161</sup> Bernard Mendiburu, ό.π. σ. 145

<sup>162</sup> Julius B.Kaiser, ό.π. σ. 213-215

ελαφρώς τοποθετημένο πιο αριστερά σε σχέση με την αριστερή άποψη του θέματος. Επιπλέον πρέπει να ελέγχεται πιθανό κατακόρυφο σφάλμα, όπου τα αντικείμενα στη μία εικόνα είναι ελαφρώς πιο ψηλά ή χαμηλά σε σχέση με την άλλη. Για να λυθεί αυτό το σφάλμα, χρειάζεται να κοπούν οι δυο εικόνες, να γίνει δηλαδή ένα "κροπάρισμα", ώστε το μήκος από τα πάνω πλαίσια των εικόνων στα αντικείμενα να είναι το ίδιο. Αυτό μπορεί να ελεγχθεί αρκετά εύκολα, αν οι εικόνες έχουν οριζόντα ή κάποια οριζόντια γραμμή, η οποία πρέπει να βρίσκεται ακριβώς στην ίδια ευθεία και στα δύο καρτέ.<sup>163</sup>

Αφού επιτευχθεί ο συνδυασμός, αυτό που μένει είναι να γίνει η μετατροπή των δισδιάστατων εικόνων ώστε να παρατηρηθούν στερεοσκοπικά, σύμφωνα με την επιθυμητή μέθοδο. Στην περίπτωση που επιθυμείται το ζεύγος να παρατηρηθεί με ελεύθερη παρατήρηση ή βοηθητικά με στερεοσκόπιο, η εργασία μετατροπής τελειώνει με τον συνδυασμό και την τοποθέτηση των φωτογραφιών τη μια δίπλα στην άλλη, τηρώντας τη σωστή θέση αριστερά-δεξιά για την παρατήρηση με στερεοσκόπιο ή αντίστροφα για την ελεύθερη παρατήρηση. Όταν όμως η παρατήρηση γίνεται με κάποιο οπτικό όργανο, όπως στις περιπτώσεις της αναγλυφίας, της πόλωσης ή της χρήσης διαφραγματικών γυαλιών, τότε εφαρμόζεται μετατροπή από 2D εικόνες σε 3D. Σε κάθε περίπτωση πρέπει η εικόνα, δεξιά ή αριστερή να επεξεργαστεί αντιστρόφως ανάλογα από τον φακό-φίλτρο των γυαλιών του δεξιού και αριστερού οφθαλμού.

Η περίπτωση της παρατήρησης με διαφραγματικά γυαλιά χρησιμοποιείται κυρίως για κινούμενες εικόνες, σε οθόνες υπολογιστών

<sup>163</sup> Julius B. Kaiser, ό.π. σ. 241-243

ή τηλεοράσεων. Γενικά αυτό που συμβαίνει είναι να προβάλλονται η δεξιά και αριστερή εικόνα η μια μετά την άλλη. Καθώς η οθόνη είναι συγχρονισμένη με τα διαφραγματικά γυαλιά, αυτά αφήνουν αντίστοιχα να περάσει το φως από την αριστερή εικόνα στον αριστερό οφθαλμό και από την δεξιά στον δεξή. Αυτό γίνεται γιατί ο κάθε διαφραγματικός φακός κλείνει ή ανοίγει ανάλογα με την εικόνα που προβάλλεται. Τα γυαλιά λειτουργούν σε συγχρονισμό με την οθόνη, στην οποία απεικονίζονται εναλλάξ και με ρυθμό τουλάχιστον 60 φορές το δευτερόλεπτο οι εικόνες που αναλογούν στο δεξί και αριστερό μάτι αντίστοιχα, οπότε γίνεται εφικτό να επιτευχθεί έγχρωμη στερεοσκοπική απεικόνιση.<sup>164</sup> Τα διαφραγματικά γυαλιά ονομάζονται διαφορετικά και ενεργά γυαλιά (active 3D glasses), καθώς εναλλάσσουν την γωνία πόλωσης ανάλογα με τα δεδομένα που στέλνονται από την οθόνη.

Στην περίπτωση της χρήσης πολωτικών γυαλιών η κάθε εικόνα πρέπει να προβληθεί με τον αντίστροφο σε πόλωση φακό από αυτόν που εφαρμόζεται στα γυαλιά. Το φως είναι εγκάρσιο ηλεκτρομαγνητικό κύμα, δηλαδή οι διευθύνσεις του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου είναι κάθετες προς τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. Ένα λοιπόν στοιχειώδες κύμα φωτός είναι γραμμικά πολωμένο, όμως μια φωτεινή πηγή δεν αποτελείται από μια μόνο στοιχειώδη πηγή αλλά από πολλές χιλιάδες τέτοιες. Για να πολώσουμε το φυσικό φως χρησιμοποιούμε πολωτικό φίλτρο το οποίο δρα σαν σχάρα ώστε να επιτρέπει μόνο ένα στοιχειώδες κύμα φωτός. Αν πίσω από τον πολωτή τοποθετηθεί ένας

<sup>164</sup> Lenny Lipton, *The Stereoscopic Cinema*, SMPTE Journal, September 2001, <http://www.videotechnology.com/3d/SMPTE.PDF>, σ. 590

δεύτερος με αντίθετη πόλωση, ο οποίος ονομάζεται αναλυτής, τότε διακόπτεται η μετάδοση του φωτός.<sup>165</sup>

Κάνοντας χρήση της παραπάνω ιδιότητας του φωτός, αν τοποθετήσουμε σε δύο προβολείς που μεταδίδουν τις δύο εικόνες του στέρεο-ζεύγους δύο πολωτές με πόλωση που σχηματίζει γωνία 90° μεταξύ τους. Επιπλέον αν ο θεατής φοράει αντίστοιχα γυαλιά με αντίστροφη πόλωση, τότε τα γυαλιά λειτουργούν ως αναλυτές και διακόπτουν την διέλευση του φωτός. Το αποτέλεσμα είναι κάθε μάτι να βλέπει μόνο την εικόνα από τον ένα προβολέα, ώστε τελικά να σχηματίζεται η στερεοσκοπική εικόνα. Για την βελτίωση της ποιότητας της εικόνας, καθώς γίνεται διακοπή μέρους της φωτεινότητας, οι εικόνες προβάλλονται με ελαφρώς πιο ενισχυμένη τη φωτεινότητα. Στην περίπτωση της γραμμικής παθητικής πόλωσης η μετατροπή των φωτογραφιών τελειώνει με την σωστή τοποθέτηση των πολωτικών φίλτρων στους προβολείς. Επιπλέον γίνεται η προσαρμογή των προβολέων, ώστε να προβάλλουν τις εικόνες τη μια πάνω στην άλλη σύμφωνα με τα ομόλογα σημεία και τηρώντας τις θέσεις, αριστερά και δεξιά σκηνή.

Τέλος στην περίπτωση της παρατήρησης με αναχρωματικά ανάγλυφα γυαλιά χρησιμοποιούνται με την ίδια λογική δυο χρωματικά φίλτρα αντί για πολωτικά. Συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται γυαλιά με συνδυασμό χρωματικών φίλτρων, όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 3.2 οι συνδυασμοί είναι, κόκκινο/μπλε, κόκκινο ή ματζέντα με πράσινο, και συνήθως κόκκινο/κυανό. Αντιστρόφως ανάλογα με τα γυαλιά προβάλλονται και οι εικόνες με μοναδικό χρώμα το κόκκινο ή το κυανό για την τελευταία περίπτωση. Σε αυτή τη μέθοδο οι εικόνες δίνουν

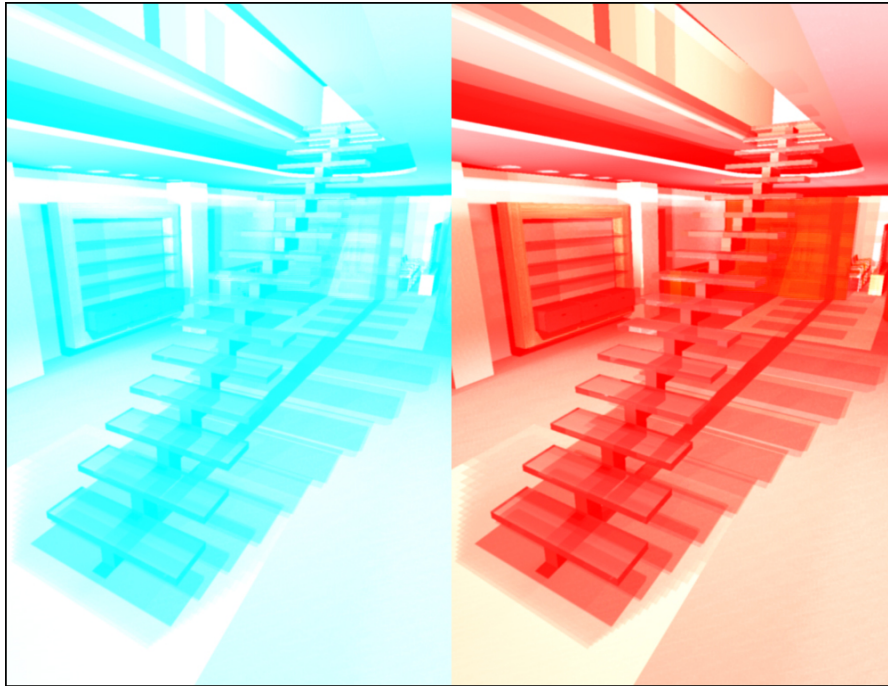
<sup>165</sup> Τζωρτζάκη Μαρία, *Η Φωτογράφιση στο πολωτικό μικροσκόπιο*, Πτυχιακή εργασία, Τ.Ε.Ι. Αθήνας, 11/2004, Εισηγητής: Δρ. Αθανάσιος Αραβαντινός, σ. 34-35

καλύτερο S3D αποτέλεσμα όταν είναι ασπρόμαυρες, ώστε να μην δημιουργούνται σφάλματα εξαιτίας της παρεμβολής των χρωματικών φίλτρων σε σχέση με τα χρώματα των φωτογραφιών.<sup>166</sup>

Η τρισδιάστατη εικόνα διαμορφώνεται γιατί το κάθε χρωματικό φίλτρο "διακόπτει" την αντίστοιχη εικόνα. Για παράδειγμα στο συνδυασμό κόκκινο/κυανό που χρησιμοποιήθηκε και στην πρακτική έρευνα, ο δεξιός οφθαλμός με το κυανό φίλτρο βλέπει μόνο τις φωτεινές ακτίνες από την δεξιά εικόνα που προβάλλεται με κόκκινο φίλτρο. Τις ακτίνες αυτές τις μεταφράζει ως μαύρο ενώ την ίδια στιγμή το φίλτρο αφήνει να περάσουν και οι ακτίνες των υπόλοιπων χρωμάτων, όπως το κίτρινο. Οι ακτίνες της αριστερής εικόνας κυανού χρώματος φτάνουν φυσικά στο κυανό φίλτρο και περνούν από αυτό, την ίδια στιγμή όμως περνούν και οι ακτίνες του λευκού φωτός από το φόντο που φιλτράρεται σε κυανό, οπότε ο αριστερός οφθαλμός βλέπει την δεξιά εικόνα ως ένα κυανό μονόχρωμο επίπεδο. Αντίστοιχα στον αριστερό "διακόπτονται" οι κόκκινες ακτίνες, οπότε κάθε μάτι βλέπει διαφορετική εικόνα.<sup>167</sup> Για να γίνει πιο κατανοητό παρατηρήστε την παρακάτω εικόνα (εικόνα 51) όπου οι δυο φιλτραρισμένες εικόνες βρίσκονται η μια δίπλα στην άλλη. Με τα ανάγλυφα γυαλιά μπροστά στην εικόνα κλείνοντας πότε τον δεξιό και πότε τον αριστερό οφθαλμό, παρατηρείστε ότι κάθε φορά προβάλλεται μόνο η δεξιά ή αριστερή εικόνα αντίστοιχα ενώ η διπλανή της έχει ένα ελαφρά χρωματισμένο επίπεδο κυανού και κόκκινου χρώματος αντίστοιχα.

<sup>166</sup> David F. McAllister, *Display Technology*, Department of Computer Science North Carolina State University, Raleigh, NC 27695-8206, σ.13-14

<sup>167</sup> Keigo Iizuka, *Engineering optics*, Springer Science, 2008, 3<sup>η</sup> έκδοση σ. 475



Εικόνα 51, ανάγλυφη εικόνα "side-by-side"

Προκειμένου να παρουσιαστούν οι εικόνες τρισδιάστατα με ανάγλυφα γυαλιά, είναι κατανοητό πως πρέπει να γίνει η αντίστοιχη επεξεργασία με τα επιθυμητά φίλτρα σε κατάλληλο πρόγραμμα μετατροπής 2D εικόνων σε 3D. Φυσικά στην περίπτωση του ανάγλυφου υπάρχει πάντα και η δυνατότητα προβολής με δυο προβολείς που φιλτράρονται με το αντίστοιχο χρώμα, ώστε το μόνο που χρειάζεται είναι να προβληθούν οι εικόνες σε ομόλογη αντίστοιχη θέση με τη σωστή σειρά. Όταν όμως η παρουσίαση των εικόνων, γίνει με ένα προβολέα ή σε οθόνη ή και εκτύπωση, τότε οι εικόνες εισάγονται σε κάποιο πρόγραμμα επεξεργασίας. Τα λογισμικά προγράμματα που κυκλοφορούν είναι πάρα

πολλά και ο χρήστης μπορεί να επιλέξει αυτό που του ταιριάζει περισσότερο. Χρησιμοποιούνται προγράμματα όπως το Stereo photo maker, το AnaBuilder σε περιβάλλον Java, Plascolin σε Linux, Stereopress σε Machintosh, 3D Slide projector και Anaglyph maker σε Windows.<sup>168</sup>

Πρέπει να αναφερθεί και η δυνατότητα να δημιουργηθούν 3D ανάγλυφες εικόνες και από προγράμματα επεξεργασίας εικόνων. Για παράδειγμα το Photoshop με την κατάλληλη επεξεργασία του στερεοσκοπικού ζεύγους μπορεί να δώσει ένα αρκετά καλό αποτέλεσμα.<sup>169</sup> Κάθε πρόγραμμα δίνει την δυνατότητα στον εικονολήπτη να επιλέξει ποια μέθοδο παρουσίασης επιθυμεί και ανάλογα να επεξεργαστεί τις εικόνες μέσα από μια πληθώρα επιλογών για τον καλύτερο δυνατό συνδυασμό τους. Τα λογισμικά προγράμματα εξελίσσονται και ανανεώνονται συνεχώς και καθώς η τρισδιάστατη απεικόνιση είναι πάλι στο προσκήνιο, βοηθούμενη και από την τεχνολογία, είναι σχεδόν σίγουρο πως πολύ σύντομα η επεξεργασία που θα χρειάζεται κατά το συνδυασμό, για ένα σωστό κατά τη λήψη στέρεο-ζευγος θα είναι μηδαμινή.

Παρακάτω δίνεται αναλυτικά η διαδικασία μετατροπής με το πρόγραμμα Stereo Photo Maker για την ανάγλυφη προβολή. Αυτό το πρόγραμμα επιλέγεται καθώς είναι ένα ελεύθερο λογισμικό το οποίο δεν απαιτεί εγκατάσταση και μπορεί ο κάθε ενδιαφερόμενος να κατεβάσει από την αντίστοιχη ιστοσελίδα<sup>170</sup> μαζί με τις οδηγίες επεξεργασίας. Συνοπτικά, αφού εισαχθούν οι δύο εικόνες, αριστερά και δεξιά, ο χρήστης επιλέγει

<sup>168</sup> Alexander Klein, *useful 3D programs and utilities*, <http://www.stereoscopy.com/downloads/>

<sup>169</sup> John Wattie, How to make anaglyphs in Photoshop, 09/02/07,

[http://nzphoto.tripod.com/sterea/anaglyph\\_make.html](http://nzphoto.tripod.com/sterea/anaglyph_make.html)

<sup>170</sup> Masuji Suto, *StereoPhoto Maker*, <http://www.stereomaker.net/eng/stphmkr/index.html>

με ένα μόνο κουμπί να γίνει η μετατροπή σε ανάγλυφο έγχρωμο ή ασπρόμαυρο, αλλά και με άλλους τρόπους όπως Side-by-side ή Interlaced. Το πρόγραμμα ανανεώνεται συνεχώς για να εξυπηρετεί κάθε καινούριο τρόπο μετατροπής. Στη συνέχεια υπάρχουν εντολές όπου μετακινείται η αριστερή και δεξιά εικόνα έτσι ώστε να βρεθούν στην σωστή ομόλογη θέση, ακόμη υπάρχει η δυνατότητα αντιστροφής των εικόνων σε περίπτωση που η εικόνα με τη δεξιά σκηνή έχει τοποθετηθεί αριστερά. Αν επιλεχθεί η ανάγλυφη εικόνα δύνονται δυνατότητες επεξεργασίας των χρωμάτων για την καλύτερη απόδοση αυτών αλλά και του τρισδιάστατου. Στο έκτο κεφάλαιο αναφέρεται συνοπτικά και η επεξεργασία με το πρόγραμμα Photoshop. Ένα τελευταίο που πρέπει να σκεφτεί ο εικονολήπτης είναι η οθόνη στην οποία θα προβληθεί η στερεοσκοπική εικόνα. Πρέπει να προσέξει, ώστε να αποδίδει σωστά τα χρώματα, όταν μάλιστα οι φωτογραφίες εκτυπώνονται είναι πολύ σημαντικό ο εκτυπωτής να έχει καλυμπραριστεί με την οθόνη επεξεργασίας και να ληφθεί υπόψη η τετραχρωμία, αφού η εικόνα επεξεργάζεται σε περιβάλλον RGB (τριχρωμίας).

Στην περίπτωση της μετατροπής των δυο βίντεο που παράγονται χρησιμοποιούνται εκτός από τα παραπάνω προγράμματα που αναφέρθηκαν και γενικότερα προγράμματα επεξεργασίας βίντεο, όπως το After effects το Premiere που χρησιμοποιήθηκε και για την παραγωγή του βίντεο αυτής της εργασίας, αλλά και πολλά περισσότερα. Και στην περίπτωση του βίντεο ακολουθείται ακριβώς η ίδια διαδικασία με αυτήν των στατικών εικόνων.

## 5.2 – Σφάλματα στερεοσκοπικής εικόνας

Συχνά η τρισδιάστατη παρατήρηση δεν είναι ικανοποιητική, αυτό κουράζει τον θεατή και κάνει φυσικά την τρισδιάστατη εικόνα

αποτυχημένη. Αυτό κυρίως οφείλεται στην λανθασμένη λήψη ή το λανθασμένο συνδυασμό. Βέβαια σημαντικό ρόλο έχει και η σωστή προβολή και εκτύπωση των εικόνων. Οι παραμορφώσεις αυτές μπορούν να ελαχιστοποιηθούν, αν ο θεατής μείνει περισσότερη ώρα στην εικόνα, ώστε να συνηθίσει και να προσαρμόσει τους οφθαλμούς του στις ανάγκες του θέματος. Επίσης ένα θέμα που δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα μπορεί πολύ εύκολα να ξεγελάσει το θεατή και η παραμόρφωση του να περάσει απαρατήρητη. Τα σφάλματα που κυρίως παρατηρούνται είναι η δημιουργία φαντάσματος (ghost), ο θόρυβος και η ψευδοσκοπία.

Το φάντασμα στην στερεοσκοπική εικόνα παρατηρείται συνήθως στις περιπτώσεις εικόνων όπου χρησιμοποιείται κάποιο όργανο παρατήρησης και οι δυο εικόνες διαφέρουν με τρόπο ώστε να μην τηρούν τους κανόνες ενός σωστού στέρεο-ζεύγους. Ο παρατηρητής είτε βλέπει μόνο με το ένα μάτι μέρος του θέματος με αποτέλεσμα το μονό είδωλο να μη δίνει σε εκείνη την περιοχή τρισδιάστατο αποτέλεσμα, είτε βλέπει διπλό είδωλο.<sup>171</sup> Το σφάλμα αυτό παρατηρείται είτε γιατί μόνο στη μια εικόνα έχει φωτογραφηθεί κάποιο αντικείμενο, για παράδειγμα ένα σύννεφο ή μια σκιά, είτε γιατί τα αντικείμενα, αν και είναι μέρος του θέματος, λόγω λανθασμένης λήψης ή πολύ απομακρυσμένου αντικειμένου έχουν πολύ μεγάλη απόσταση από τα ομόλογα σημεία, ώστε να υπερβαίνουν την διακορική απόσταση και να μην μπορεί ο ένας από τους δυο οφθαλμούς να φιλτράρει με τη χρήση των οπτικών φίλτρων αυτό το κομμάτι της εικόνας. Ένα άλλο πρόβλημα στα αναχρωματικά γυαλιά είναι το πολύ έντονο κοντράστ, όπως το έντονο κόκκινο, το οποίο δεν μπορεί να φιλτραριστεί 100% από το κόκκινο φίλτρο των γυαλιών, δημιουργώντας

<sup>171</sup> Lenny Lipton, SMPTE Journal, ό.π. σ. 589

έτσι σύγχυση και την εντύπωση του φαντάσματος.<sup>172</sup> Η περίπτωση του διπλού ειδώλου ονομάζεται συγκεκριμένα "Crosstalk" και μπορεί να παρατηρηθεί σε κάθε περίπτωση τρισδιάστατης απεικόνισης με γυαλιά. Το σφάλμα "Crosstalk" είναι αποτέλεσμα της αδυναμίας των γυαλιών να διακόψουν εντελώς την μια εικόνα για τον ένα οφθαλμό. Παρατηρείται συνήθως σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει ποιοτικός εξοπλισμός, η φωτεινότητα είναι χαμηλή ή η οθόνη ακατάλληλη.<sup>173</sup>

Στην περίπτωση που η παρατήρηση του στέρεο-ζεύγους έχει σαν αποτέλεσμα δυσφορία ή κόπωση στους οφθαλμούς, διότι η στερεοσκοπική όραση είναι δύσκολη ή ακόμα και αδύνατη, τότε το συγκεκριμένο σφάλμα ονομάζεται θόρυβος. Ο θόρυβος είναι συνήθως αποτέλεσμα κατακόρυφης παράλλαξης, σφάλμα στροφής της μιας φωτογραφίας σε σχέση με την άλλη, διαφορά κλίμακας ανάμεσα στις δύο εικόνες ή ακόμη και φωτογράφιση κινούμενου θέματος, όπου οι φωτογραφίες δεν λήφθηκαν ταυτόχρονα και στο μεσοδιάστημα το αντικείμενο άλλαξε λίγο ή πολύ θέση και σχήμα. Στην ουσία οι δύο φωτογραφίες είναι αρκετά διαφορετικές, ώστε να θεωρηθούν στερεοσκοπικό ζεύγος και η παρατήρηση είναι πολύ κουραστική.<sup>174</sup> Η σωστή θέση των φωτογραφιών του στέρεο-ζεύγους είναι η σημαντικότερη αρχή για την καλή απόδοση του τρισδιάστατου εφέ. Ένα άλλο σφάλμα κατά την παρατήρησης του στέρεο-ζεύγους που επίσης εξαρτάται από τη θέση των εικόνων, είναι όταν η δεξιά άποψη βρίσκεται στα αριστερά και η αριστερή βρίσκεται στα δεξιά. Ο παρατηρητής σε

αυτήν την περίπτωση αντιλαμβάνεται εντελώς ανεστραμμένο το ανάγλυφο του θέματος. Δηλαδή τα αντικείμενα που βρίσκονται σε μικρότερη απόσταση φαίνονται μακρινά και τα αντικείμενα που βρίσκονται σε μεγαλύτερη απόσταση φαίνονται κοντινά, ενώ το φόντο παρουσιάζεται εμπρός από το πρώτο πλάνο και οι κοιλότητες εμφανίζονται ως εξογκώματα.<sup>175</sup> Το σφάλμα αυτό ονομάζεται ψευδοσκοπία ή ψεύδο-στέρεο.<sup>176</sup>

---

<sup>175</sup> Julious B.Kaiser, ό.π. σ. 238-239

<sup>176</sup> David F. McAllister, ό.π. σ. 8

---

<sup>172</sup> Sylvain Roques, *How to make 3D-pictures by computer*, [http://www.arts.rpi.edu/~ruiz/stereo\\_history/Howtomake3D.htm](http://www.arts.rpi.edu/~ruiz/stereo_history/Howtomake3D.htm), 08/2010

<sup>173</sup> Andrew J. Woods, Chris R. Harris, *Comparing levels of crosstalk in anaglyph 3D glasses*, <http://cmst.curtin.edu.au/local/docs/pubs/2010-11.pdf>, σ.2

<sup>174</sup> Julious B.Kaiser, ό.π. σ. 238-239

### 5.3 - 3D Οθόνες

Εφόσον έχουν γίνει όλα τα σωστά βήματα για την παραγωγή της στέρεο-φωτογραφίας, μένει να επιλεχθεί ο τρόπος παρουσίασης. Στις περισσότερες περιπτώσεις ο τρόπος παρουσίασης καθορίζει τον τρόπο μετατροπής των 2D σε 3D, οπότε συνήθως είναι γνωστός πολύ πριν. Μια απλή μέθοδος παρατήρησης των στέρεο-φωτογραφιών επιτυγχάνεται με την χρήση στερεοσκοπίου. Για την παρατήρηση με στερεοσκόπιο απαιτείται να τηρούνται κάποιοι κανόνες παρουσίασης. Έτσι είναι απαραίτητο η εστιακή απόσταση των φακών παρατήρησης του στερεοσκοπίου να είναι ίση με την εστιακή απόσταση του φακού φωτογράφησης. Επίσης το στερεοσκόπιο, που χρησιμοποιείται για την παρατήρηση μεγεθυμένων κατά την εκτύπωση φωτογραφιών, πρέπει να έχει φακούς με εστιακή απόσταση πολλαπλασιασμένη επί το βαθμό μεγέθυνσης των στέρεο-φωτογραφιών. Η απόσταση των κέντρων των φακών, δηλαδή η βάση του στερεοσκοπίου, πρέπει να διατηρείται σταθερά ίση με τη μέση διακορική απόσταση και να δίνεται προσοχή κατά συνδυασμό των στέρεο-φωτογραφιών.<sup>177</sup>

Τα στερεοσκόπια είναι μια μέθοδος που σήμερα ελάχιστα χρησιμοποιείται, όμοια και το View-master αποτελεί κυρίως ένα όργανο διασκέδασης των παιδιών. Τη θέση τους έχει στην ουσία λάβει η ελεύθερη παρατήρηση των δυο εικόνων που βρίσκονται σε παράθεση και αποτελούν το στέρεο-ζεύγος, πρέπει όμως να λαμβάνεται υπόψη η δυσκολία αρκετών ανθρώπων να αντιληφθούν το τρισδιάστατο τέχνασμα. Υπάρχουν δύο τρόποι ελεύθερης παρατήρησης και κάθε άνθρωπος έχει την ευχέρεια να χρησιμοποιεί συνήθως έναν από αυτούς,

<sup>177</sup> Βασιλική Χερουβείμ, ό.π. σ. 90

ανάλογα με τις δυνατότητες των οφθαλμών του και την εμπειρία που έχει αποκτήσει. Ο ένας τρόπος στηρίζεται πάνω στην παρατήρηση, με τους οφθαλμούς να διασταυρώνουν τις οπτικές ακτίνες ψάχνοντας το τρισδιάστατο είδωλο πιο κοντά σε απόσταση από την απόσταση των δύο εικόνων. Αυτό που χρειάζεται είναι μια μικρή μετακίνηση των οφθαλμών σε όχι παράλληλη θέση, ένας δηλαδή ελεγχόμενος στραβισμός που θα μετατρέψει την κάθε εικόνα σε διπλό είδωλο. Το αποτέλεσμα θα είναι ο παρατηρητής να βλέπει τέσσερις θολές εικόνες. Ενώ έχει φτάσει σε αυτή τη φάση αυτό που χρειάζεται να κάνει είναι να πλησιάσει ή να απομακρυνθεί από το ζεύγος ενώ παράλληλα ηρεμεί ελεγχόμενα τα μάτια του μέχρι οι δύο μεσαίες εικόνες να γίνουν μια, αυτή η εικόνα θα είναι πια τρισδιάστατη. Η μέθοδος αυτή βελτιώνεται με την εξάσκηση και δίνει εντυπωσιακά αποτελέσματα, καθώς δεν μεσολαβεί κάποιο όργανο παρατήρησης που μπορεί να αλλοιώσει τα χρώματα ή τη φωτεινότητα της εικόνας.<sup>178</sup> Η δεύτερη μέθοδος βασίζεται στην παράλληλη παρατήρηση των εικόνων και διαφέρει της πρώτης μόνο στο αρχικό στάδιο. Εδώ δεν χρειάζεται να διασταυρωθούν οι οφθαλμοί αλλά να εστιάσουν σε ένα σημείο στο άπειρο διατηρώντας την παραλληλότητα από το στέρεο-ζεύγος.<sup>179</sup>

Οι υπόλοιπες μέθοδοι εξαρτούνται από την οθόνη προβολής, οπότε παρακάτω αναλύονται οι διάφορες στερεοσκοπικές 3D οθόνες. Πρέπει να διασαφηνιστεί πως όταν η επιλογή παρουσίασης είναι η ανάγλυφη τρισδιάστατη εικόνα τότε δεν απαιτείται ειδικά διαμορφωμένη οθόνη. Είναι όμως απαραίτητο αυτή να είναι έγχρωμη ώστε να αποδοθούν τα χρωματικά φίλτρα. Κάθε έγχρωμη οθόνη μπορεί να αποδώσει

<sup>178</sup> Boris Starosta, *How to free view stereo pairs*, <http://www.starosta.com/3dshowcase/ihelp.html>

<sup>179</sup> Wolfgang Wieser, *Parallel/cross-eyed 3d view*, <http://www.triplespark.net/render/stereo/pview.html>



τριδιάστατη εικόνα, αρκεί να ακολουθηθούν οι κανόνες μετατροπής των διδιάστατων φωτογραφιών σε 3D ανάγλυφη εικόνα. Στην περίπτωση μάλιστα που η ανάγλυφη εικόνα προβληθεί από δύο προβολείς, τότε αυτοί δεν είναι απαραίτητο να είναι έγχρωμοι, αφού τα χρωματικά φίλτρα θα τοποθετηθούν μπροστά από τους φακούς των προβολέων και θα επιχρωματίσουν τις φωτογραφίες. Πρόκειται για την πιο οικονομική λύση παρουσίασης τρισδιάστατου και ενώ η διαδικασία είναι αρκετά απλή πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή, καθώς η ανάγλυφη παρουσίαση εικόνων είναι και η περισσότερο αφύσικη και κουραστική αφού αλλάζει τα φυσικά χρώματα των φωτογραφιών. Σε κάθε περίπτωση όμως τρισδιάστατης προβολής ο βασικός μηχανισμός είναι ο διαχωρισμός των δυο στερεοσκοπικών εικόνων ώστε κάθε μάτι να βλέπει μόνο μια εικόνα, την κατάλληλη εικόνα σύμφωνα με την αριστερή και δεξιά σκηνή. Έτσι διακρίνονται τρεις τύποι οθονών, αυτές που λειτουργούν με παθητικά γυαλιά, όπως είναι και τα ανάγλυφα, αυτές που λειτουργούν με ενεργά γυαλιά και αυτές που δίνουν τρισδιάστατο αποτέλεσμα χωρίς την χρήση οπτικού οργάνου.

Οι οθόνες που χρησιμοποιούν ενεργά γυαλιά (active glasses) συνδέονται με αυτά ενσύρματα ή ασύρματα. Ο σκοπός είναι το διάφραγμα του κάθε φακού μπροστά από τον οφθαλμό να κλείνει την κατάλληλη στιγμή. Όταν προβάλλεται το καρτέ με την αριστερή άποψη του θέματος τότε κλείνει το διάφραγμα του δεξιού οφθαλμού και αντίθετα. Έτσι κάθε οφθαλμός βλέπει διαφορετική εικόνα καθώς αυτές εναλλάσσονται συνεχώς, οπότε επιτυγχάνεται το τρισδιάστατο αποτέλεσμα. Κάθε φακός ενός τέτοιου ζεύγους περιέχει μια μεμβράνη ή φακό υγρού κρυστάλλου (liquid crystal) που έχει την ιδιότητα να σκουραίνει όταν μεταδίδεται σε αυτόν ηλεκτρική ισχύ. Οποιαδήποτε οθόνη νέας τεχνολογίας μπορεί να προσαρμοστεί ώστε να μεταδώσει τρισδιάστατη εφαρμογή βίντεο ή

φωτογραφία, αρκεί να διαθέτει συχνότητα μετάδοσης (frame Rate) 120 Hz, τουλάχιστον 60 Hz για κάθε οφθαλμό.<sup>180</sup> Όπως έχει αναφερθεί στο τρίτο κεφάλαιο μόλις φέτος το 2010 προωθήθηκαν στην αγορά οθόνες τηλεοράσεων που λειτουργούν με αυτόν τον τρόπο.

Παθητικά γυαλιά (passive Glasses) εκτός από τα ανάγλυφα είναι και τα πολωτικά, όπως αναφέρθηκε παραπάνω προκειμένου να αποδοθεί τρισδιάστατη εικόνα με τη χρήση πολωτικών γυαλιών τότε τοποθετούνται πολωτές στους προβολείς με γωνία πόλωσης 90° σε σχέση με τους πολωτές στους φακούς των γυαλιών, αυτό βέβαια απαιτεί δύο προβολείς. Προκειμένου να μην υπάρχουν σφάλματα στην φωτεινότητα των φωτογραφιών, καθώς το μεγαλύτερο μέρος του φωτός διακόπτεται από τα φίλτρα, πρέπει η οθόνη να είναι επιστρωμένη με κάποια μεταλλική μεμβράνη ή χρώμα. Η απλή λευκή οθόνη λειτουργεί σαν αντιπολωτικό και αποπολώνει το ανακλώμενο φως με αποτέλεσμα να αλλάζει η διεύθυνση της πόλωσης του.<sup>181</sup> Οι οθόνες που είναι ιδανικές για προβολή με πολωμένους φακούς ονομάζονται "silver screen", το όνομα προέρχεται από την ασημένια επίστρωση στην επιφάνειά τους. Η οθόνη αυτή διατηρεί την πόλωση και σχεδόν εξαλείφει τυχόν σφάλματα όπως διπλή εικόνα και "ghosting".<sup>182</sup> Η οθόνη "silver screen" ενισχύει την φωτεινότητα και η χρήση της είναι απαραίτητη όταν έχουμε προβολή με ένα μόνο προβολέα. Συγκεκριμένα η Real D παρήγαγε την οθόνη Z-Screen η οποία μετατρέπει την γραμμική πόλωση σε κυκλική και εναλλάσσει την γωνία πόλωσης με τον ίδιο τρόπο που γίνεται με τα ενεργά διαφραγματικά γυαλιά. Το φίλτρο τοποθετείται

<sup>180</sup> Bernard Mendiburu, ό.π. σ. 57

<sup>181</sup> David F. McAllister, ό.π. σ. 11

<sup>182</sup> Glenn Kennel, Color and Mastering for Digital Cinema, fokal press, Elsevier Καναδάς, 2007, σ. 161

μπροστά στον προβολέα και το αποτέλεσμα είναι ο θεατής να φοράει ένα απλό ζεύγος παθητικών πολωτικών γυαλιών και τελικά να βλέπει τρισδιάστατη εικόνα.<sup>183</sup>

Η τελευταία κατηγορία τρισδιάστατων οθονών είναι οι οθόνες στις οποίες δεν απαιτείται η χρήση κάποιου οπτικού οργάνου για την παρατήρηση του τρισδιάστατου αποτελέσματος. Οι αυτοστερεοσκοπικές οθόνες βασίζονται στον εντοπισμό των οφθαλμών ώστε να στέλνουν σε κάθε μάτι διαφορετική εικόνα ή σε διάφορα οπτικά τεχνάσματα που δίνουν την ψευδαίσθηση της τρίτης διάστασης. Στις αυτοστερεοσκοπικές οθόνες διακρίνονται οι εξής κατηγορίες, "re-imaging", "volumetric", "parallax" και "holographic".<sup>184</sup> Η οθόνη "re-imaging" είναι στην πραγματικότητα ένα οπτικό τρικ που δίνει την ψευδαίσθηση της τρίτης διάστασης. Το τρικ χρησιμοποιείται εδώ και αρκετούς αιώνες στις θεατρικές σκηνές. Πρόκειται για μια διάταξη καθρεπτών και επιφάνειας τζαμιών πάνω στην οποία ανακλάται ένα πραγματικό αντικείμενο. Καθώς αυτό προβάλλεται στην επιφάνεια του τζαμιού, το οποίο είναι διάφανο, δίνει την αίσθηση πως η εικόνα αιωρείται στο χώρο.<sup>185</sup>

Στην περίπτωση της παραλλακτικής οθόνης (parallax display) μία μάσκα υγρού κρυστάλλου τοποθετείται μπροστά από την οθόνη LCD. Η μάσκα λειτουργεί σαν ημιδιαπερατό φράγμα (parallax barrier) το οποίο αφήνει κάθε οφθαλμός να βλέπει διαφορετική εικόνα η οποία προβάλλεται σε μορφή γραμμών (Interlaced) και υπάρχει η δυνατότητα να

απενεργοποιηθεί ώστε η οθόνη να λειτουργεί ως 2D.<sup>186</sup> Στην ίδια κατηγορία ανήκουν και οι οθόνες με επίστρωση "lenticular" φακών (κυλινδροειδείς συστοιχίες), που η μορφή τους αναγκάζει κάθε οφθαλμό να βλέπει διαφορετική εικόνα. Οι οθόνες ογκομετρικής απεικόνισης ή διεθνώς Volumetric Displays και οι ολογραφικές οθόνες είναι σε θέση να αποδώσουν πραγματικά τρισδιάστατες εικόνες. Παράγοντας στο χώρο σημεία που συνθέτουν φωτεινή εικόνα ενός αντικειμένου με τη χρήση φωτός λέιζερ.<sup>187</sup> Μια ακόμη δυνατότητα 3D απεικόνισης, που μερικές φορές συγκαταλέγεται στις οθόνες, μιας που διαθέτει δυο LCD μεμβράνες, είναι τα γυαλιά εικονικής πραγματικότητας. Στην ουσία πρόκειται για στερεοσκοπικά γυαλιά τα οποία προβάλλουν σε κάθε μάτι διαφορετική εικόνα, επιτρέποντας στο καθένα να βλέπει μόνο μια από τις δυο οθόνες.

Για την σωστή και ικανοποιητική θέαση των στερεοσκοπικών εικόνων είναι απαραίτητο να τηρούνται κάποιες βασικές αρχές σε σχέση με τη θέση της οθόνης, των προβολέων και των θεατών. Προκειμένου να μειώνονται τα σφάλματα και η δυσφορία παρακολούθησης της τρισδιάστατης παράστασης. Έτσι ο θεατής πρέπει να βρίσκεται σε όρθο-στερεοσκοπική θέση και η απόσταση των ομολογων σημείων του αντικειμένου, που βρίσκεται στο άπειρο, πρέπει να είναι στο επίπεδο της οθόνης.<sup>188</sup> Ειδικά στην περίπτωση της παρατήρησης με πολωτικά γυαλιά θα πρέπει ο θεατής να μην γέρνει το κεφάλι δραματικά, γιατί αυτό

<sup>183</sup> Glenn Kennel, ό.π. σ. 162

<sup>184</sup> Oliver Bimber, Ramesh Raskar, *Spatial augmented reality*, AK Peters, 2005, σ. 39

<sup>185</sup> Barry G. Blundell, *An Introduction to Computer Graphics and Creative 3-D Environments*, Springer, Λονδίνο 2008, σ. 367

<sup>186</sup> Sergey Shestak, Dae-Sik Kim, Kyung-Hoon Cha, Sang-Moo Park, and Seon-Deok Hwang, *Illumination & Displays*, 12 June 2009, SPIE Newsroom, <http://spie.org/x35370.xml?ArticleID=x35370>

<sup>187</sup> Gregg E. Favolora, *Volumetric 3D Displays and Application Infrastructure*, IEEE computer Society 2005, [http://www.greggandjenny.com/gregg/IEEE\\_Computer\\_Favolora.pdf](http://www.greggandjenny.com/gregg/IEEE_Computer_Favolora.pdf)

<sup>188</sup> Glenn Kennel, ό.π. σ. 159

αλλάζει τη γωνία πόλωσης, άρα θα δημιουργεί σφάλμα Crosstalk.<sup>189</sup> Στην ουσία όρθο-στεροσκοπική είναι η θέση του θεατή που για κάθε περίπτωση προβολής δίνει ξεκάθαρη εικόνα σε κάθε οφθαλμό χωρίς την παρεμβολή φωτός από το περιβάλλον ή την προβολή και των δυο εικόνων ταυτόχρονα στον ένα οφθαλμό. Τέλος ο θεατής πρέπει να βρίσκεται σχεδόν σε παράλληλη θέση με την οθόνη απέναντι από αυτήν και να μην δημιουργείται μεγάλη γωνία θέασης.

Συγκεκριμένα τρεις τύπους οθονών μπορούμε να συναντήσουμε για παράδειγμα σε μια κινηματογραφική αίθουσα, τρεις δηλαδή διαφορετικές τεχνολογίες. Αυτές είναι η IMAX3D η οποία είναι και η παλιότερη τεχνολογία, και δεν συναντάτε πλέον συχνά. Βασισμένη στην αναλογική τεχνολογία του φιλμ η IMAX οθόνη παράγει μεγάλα καρέ εικόνας από 35+35mm=70mm φιλμ. Για την απόδοση του 3D χρησιμοποιεί παθητικά γραμμικά πολωτικά γυαλιά που όμως δεν δίνουν καθαρό τρισδιάστατο αποτέλεσμα. Το θετικό στη χρήση αυτής της οθόνης είναι ότι αν και γίνεται κάποια έκπτωση στην απόδοση του βάθους, δίνονται εκπληκτικά αποτελέσματα σε αντικείμενα που μοιάζουν να αιωρούνται έξω από την οθόνη. Άρα χρησιμοποιείται κυρίως για την προβολή κινούμενων σχεδίων.

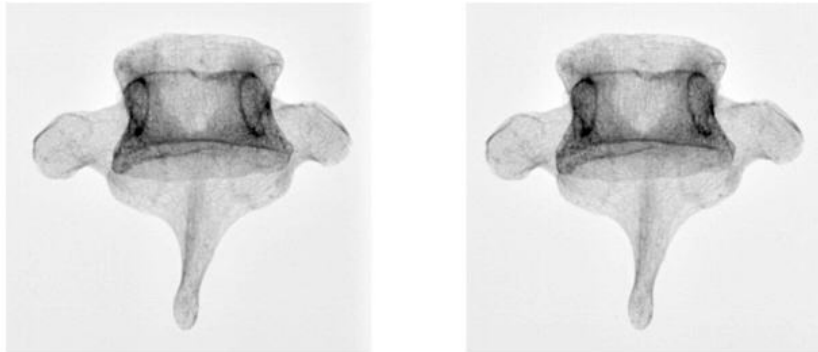
Αντίθετα η οθόνη REALD που ήταν εξ αρχής ψηφιακή χρησιμοποιεί πολωτικά γυαλιά με κυκλικά πολωμένο φως ώστε να αποφεύγονται τα σφάλματα όταν ο θεατής κινεί το κεφάλι του. Η REALD χρησιμοποιεί ακριβότερη ασημένια οθόνη (silver screen) ώστε να πετυχαίνει πιο φωτεινά και διαυγή στερεοσκοπικά αποτελέσματα. Η Τρίτη τεχνολογία είναι η Dolby 3D και διαφέρει σε σχέση με την REALD στα διαφορετικά

γυαλιά που χρησιμοποιεί τα οποία είναι ναι μεν πολωτικά, αλλά έχουν και χρωματικές επιστρώσεις ώστε να βελτιώνεται η απόδοση των χρωμάτων, αυτό φυσικά ανεβάζει το κόστος τους.

<sup>189</sup> Glenn Kennel, ό.π. σ. 161

#### 5.4 -Επίδραση και χρήση στις επιστήμες

Η στερεοσκοπική απεικόνιση είχε επιστημονικό χαρακτήρα από την πρώτη κιόλας στιγμή της ανακάλυψής της. Άρχισε με την παραδοχή και επιβεβαίωση ότι οι άνθρωποι βλέπουν στερεοσκοπικά και μεταφράζουν τις δυο εικόνες των οφθαλμών σε μια. Μόνο αυτή η ανακάλυψη βοήθησε την ιατρική και κυρίως την οφθαλμολογία να κατανοήσει διάφορα προβλήματα όρασης. Σήμερα το ευρύ κοινό γνωρίζει την στερεοσκοπική απεικόνιση μόνο μέσω της ψυχαγωγικής εφαρμογής της. Όμως σήμερα, όπως και στο παρελθόν, η τρισδιάστατη απεικόνιση έδωσε πολλαπλές λύσεις και εφαρμογές για την καλύτερη κατανόηση σε διάφορους τομείς των επιστημών, όπως η ιατρική, η αρχαιολογία, η αρχιτεκτονική και άλλους.



**Εικόνα 40**, στερεοσκοπική ακτινογραφία σπονδήλου, <http://www.orthostereo.com/viewing.html>

Στην ιατρική η τρισδιάστατη απεικόνιση και εικονική πραγματικότητα έχει δώσει πολλαπλές εφαρμογές για την καλύτερη δυνατή διάγνωση και έρευνα πάνω στο ανθρώπινο σώμα και τις παθολογίες του. Ήδη από τον



**Εικόνα 53**, παρατήρηση λαπαροσκοπικών επεμβάσεων σε πολωτική διπλή οθόνη, [http://0.tqn.com/d/breastcancer/1/0/B/4/-/-/Stereo\\_mammo\\_Getty.jpg](http://0.tqn.com/d/breastcancer/1/0/B/4/-/-/Stereo_mammo_Getty.jpg)

17<sup>ο</sup> αιώνα χρησιμοποιήθηκαν στερεοσκόπια για την παρατήρηση τρισδιάστατων ιατρικού ενδιαφέροντος εικόνων και αργότερα με την ανακάλυψη του View-master παράχθηκαν ολόκληρες βιβλιοθήκες στερεοσκοπικών εικόνων ανθρώπινης ανατομίας.<sup>190</sup> Τη δεκαετία του 30 δημιουργήθηκαν και οι πρώτες τρισδιάστατες ακτινογραφίες (εικόνα 52) που έδιναν πιο σαφείς πληροφορίες για τις ενδεχόμενες βλάβες των οστών.<sup>191</sup> Στον τομέα της ορθοπεδικής η ράδιο-στερεοσκοπική απεικόνιση είναι η κύρια μέθοδος απεικόνισης για τη μέτρηση και μελέτη των κατεστραμμένων μελών με σκοπό την τοποθέτηση πρόσθετων.<sup>192</sup>

Αντίστοιχα στη χειρουργική η στερεοσκοπική απεικόνιση μαζί με την εικονική πραγματικότητα δίνουν λύσεις στις λαπαροσκοπικές επεμβάσεις, όπου με στερεοσκοπικές κάμερες μπορούν οι ιατροί να έχουν μια τρισδιάστατη αντίληψη του εσωτερικού περιβάλλοντος στο οποίο εργάζονται, ώστε να επιτρέπονται καλύτερα αποτελέσματα στην

<sup>190</sup> Ron Sims, *Mechanical Visual Aids in the Study of Medicine: Stereoscopes and View-Masters*, 17 Μαΐου 2007, <http://www.galter.northwestern.edu/news/index.cfm/2007/5/17/Mechanical-Visual-Aids-in-the-Study-of-Medicine-Stereoscopes-and-ViewMasters>, Galter Health Sciences Library

<sup>191</sup> S L Ezekiel Tan, *stereoscopic radiology*, <http://www.orthostereo.com/stereoscopicradiology.html>

<sup>192</sup> S L Ezekiel Tan, *Orthopaedic applications*, <http://www.orthostereo.com/orthopaedics.html>

επέμβαση.<sup>193</sup> Οι εικόνες αυτές παρατηρούνται με τη χρήση διπλών πολωτικών οθονών (εικόνα 52). Η χειρουργική εγκεφάλου βασίζεται στη νέα τεχνολογία των ραδιοστερεοτακτικών μηχανημάτων (stereotactic Radiosurgery). Η τομογραφική αυτή συσκευή "φωτογραφίζει" στερεοσκοπικά με ακτινοβολία κάνοντας πανοραμική λήψη του εγκεφάλου. Η συσκευή αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλα όργανα, όπως οι πνεύμονες ή τα κόκαλα.<sup>194</sup> Μια άλλη παράμετρος χρήσης της στερεοσκοπικής εικόνας είναι και οι τρισδιάστατες μαστογραφίες, στο μέλλον προβλέπεται πως η πιο σαφή απεικόνιση του μαστού θα χρησιμοποιείται για την αγωγή του καρκίνου.<sup>195</sup>

Ένας άλλος τομέας, όπου η στερεοσκοπική φωτογραφία και το βίντεο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πιο σαφή κατανόηση του χώρου, είναι ο τομέας της αρχιτεκτονικής, όπως εφαρμόστηκε και στο έκτο κεφάλαιο, είτε σε συνδυασμό με την εικονική πραγματικότητα είτε με την φωτογράφιση του πραγματικού χώρου. Η τρισδιάστατη λήψη παρέχει ελκυστική οπτική εμπειρία καταγράφοντας χώρο, βάθος, ανάγλυφες επιφάνειες, κατανομή του φωτός και άλλες χρήσιμες παραμέτρους της αρχιτεκτονικής.<sup>196</sup> Στην αρχιτεκτονική η εφαρμογή της τρισδιάστατης απεικόνισης μπορεί να εφαρμοστεί είτε για διαφημιστικούς λόγους είτε για επιστημονικούς. Μάλιστα με τη χρήση της τεχνολογίας VRML αρκετές εφαρμογές όπως και το 3DsMax παράγουν WRL αρχεία τα οποία με τον

<sup>193</sup> James D. Westwood, Helene M. Hoffman, Richard A. Robb, Don Stredney, *Medicine Meets Virtual reality 02/10*, Εκδόσεις IOS, Άμστερνταμ, 2002, σελ 214-220

<sup>194</sup> John Hopkins medicine, *What is Stereotactic Radiosurgery*, <http://www.radonc.jhmi.edu/radiosurgery/treatmentoptions/stereotacticradiosurgery.html>

<sup>195</sup> Pam Stephan, Stereoscopic Digital Mammograms – Three-Dimensional Breast Screening, [http://breastcancer.about.com/od/mammograms/tp/stereo\\_digital\\_mammo.htm](http://breastcancer.about.com/od/mammograms/tp/stereo_digital_mammo.htm)

<sup>196</sup> Michael Kaplan, *Stereo Photography for Architecture*, 4 Ιουλίου 2003, πρώτη εμφάνιση, The Art Book, Ιούλιος 2001, [http://www.architectureweek.com/2003/0604/culture\\_1-1.html](http://www.architectureweek.com/2003/0604/culture_1-1.html)

κατάλληλο viewer και διπλή οθόνη αποδίδουν στερεοσκοπική εικόνα σε "real time" με δυνατότητες αλλαγής θέασης. Χρησιμοποιείται επίσης η μέθοδος της φωτογραμμετρίας, με την οποία είναι δυνατόν να γίνουν μετρήσεις στο φωτογραφιζόμενο χώρο και να δοθούν αρκετά σωστές διαστάσεις αυτού, ώστε να εφαρμοστούν οι κατάλληλες σχεδιαστικές αλλαγές ή απλώς να γίνει καταγραφή του χώρου.<sup>197</sup>

Σύμφωνα με τον καθηγητή του τμήματος ΣΑΤΜ-ΕΜΠ κύριο Γεωργόπουλο "Φωτογραμμετρία είναι η τέχνη, επιστήμη και τεχνική απόκτησης αξιόπιστων μετρικών πληροφοριών για τα φυσικά αντικείμενα και το περιβάλλον μέσω διαδικασιών στερεοσκοπικής καταγραφής, μέτρησης και ερμηνείας των εικόνων."<sup>198</sup> Η φωτογραμμετρία εκτός από την αρχιτεκτονική χρησιμοποιείται για την εξαγωγή συμπερασμάτων και μετρήσεων και σε άλλους τομείς, όπως η αρχαιολογία, η χαρτογράφηση και είναι ακόμη χρήσιμη στην αστυνομία και το στρατό για τη συνήθως εναέρια παρατήρηση κτηρίων. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της φωτογραμμετρίας επωφελούνται επιστήμες που ασχολούνται με την μορφολογία του εδάφους, όπως η γεωλογία και γεωγραφία, η τοπογραφία αλλά και η πολεοδομία και οδοποιία. Σε κάθε περίπτωση η φωτογραμμετρία γίνεται με τη διπλή λήψη αεροφωτογραφιών και σε συνδυασμό με διάφορα όργανα μετρήσεων του ύψους εκμαιεύονται αποτελέσματα για την σωστή εφαρμογή των παραπάνω επιστημών.<sup>199</sup>

<sup>197</sup> Schawn Jasmann, Greg Andonian, *Architecture and the stereoscopic space of experience*, School of Architecture, Carleton University, Ottawa, Canada, [http://cumincades.scix.net/data/works/att/sigradi2003\\_140.content.pdf](http://cumincades.scix.net/data/works/att/sigradi2003_140.content.pdf)

<sup>198</sup> Βασίλης Γιαννακόπουλος, Δρ. Δασολόγος, *Εφαρμογές Φωτογραμμετρίας*, [http://users.auth.gr/~vgian/download/ph\\_gram.pdf](http://users.auth.gr/~vgian/download/ph_gram.pdf), 2010

<sup>199</sup> Robert Burtch, *History of photogrammetry*, 24/08/2008, <http://www.ferris.edu/faculty/burtchr/sure340/notes/history.pdf>

Η διαφήμιση, η γραφιστική και οι σύγχρονες οπτικές τέχνες σε συνδυασμό με την εξέλιξη στον τομέα των υπολογιστών και τη βελτίωση των οθόνων χρησιμοποιούν τη στερεοσκοπική απεικόνιση για την δημιουργία έργων τέχνης και εικόνων με οπτικές παραμορφώσεις.<sup>200</sup> Στον τομέα των ηλεκτρονικών παιχνιδιών, προγραμματιστές δημιουργούν την τρισδιάστατη εκδοχή των "video games" και ηλεκτρονικοί παράγουν κάρτες γραφικών ικανές να αντέξουν τις απαιτήσεις των προγραμμάτων αυτών ώστε να δώσουν την καλύτερη δυνατή ποιότητα εικόνας εισάγοντας τον παίχτη μέσα στο παιχνίδι. Εταιρίες όπως η Google έχουν δημιουργήσει ένα πρόγραμμα στερεοσκοπικής εικονικής παρατήρησης χαρτών όπου ο θεατής μπορεί να δει διάφορες τοποθεσίες στον πλανήτη χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της ελεύθερης παρατήρησης.<sup>201</sup>

Φυσικά και στη μηχανολογία η τρισδιάστατη εφαρμογή έχει βρει τη θέση της στην εξέλιξη της τρισδιάστατης τηλεόρασης. Ακόμη η βιομηχανία των αυτοκινήτων έχει πρόσφατα εισάγει τη χρήση της στερεοσκοπικής καταγραφής για τη βελτίωση της αυτόματης βοηθητικής οδήγησης για την αποφυγή ατυχημάτων. Συγκεκριμένα η εταιρία Hitachi κατασκεύασε το 2008 μια προηγμένη στέρεο-κάμερα με οθόνη LCD και κάρτα μνήμης. Με τη χρήση της κάμερας μπορεί ο οδηγός να αντιληφθεί τις αποστάσεις των οχημάτων ή των πεζών και να αποφύγει τα ατυχήματα.<sup>202</sup> Το 2003 ετοιμάστηκε μία μη επανδρωμένη αποστολή στον πλανήτη Άρη, το όχημα διέθετε την HRSC μια υψηλής ευκρίνειας έγχρωμη στέρεο-κάμερα που διέθετε 9 φακούς τοποθετημένους παράλληλα. Ο σκοπός της

<sup>200</sup> Kenneth S. Tydings, ό.π. σ 102-103

<sup>201</sup> 3D Google Earth, <http://stereo.jpn.org/geo/stereoearth.html>, 2010

<sup>202</sup> Διαφημιστικό video για hitachi Stereo camera, <http://www.film.hitachi.jp/en/movie/movie752.html>

κάμερας αυτής ήταν να καταγράψει το γεωλογικό περιβάλλον του Άρη και να δώσει μία σαφή αντίληψη της επιφάνειάς του.<sup>203</sup>

Τα περισσότερα προγράμματα τρισδιάστατης αναπαραγωγής και εικονικής πραγματικότητας διαθέτουν τη δυνατότητα να παράγουν τρισδιάστατες φωτογραφίες κάνοντας εικονική λήψη με δύο φωτογραφικές μηχανές ή κάμερες. Στον τομέα της εικονικής πραγματικότητας τα τρισδιάστατα μοντέλα που παράγονται σε συνδυασμό με την οθόνη παρακολούθησης του εικονικού περιβάλλοντος και μια στερεοσκοπική κάμερα δίνουν στο θεατή την εντύπωση πως αλληλεπιδρά με το εικονικό περιβάλλον και ότι μπορεί να ακουμπήσει ή να μετακινήσει αντικείμενα που δεν υπάρχουν.<sup>204</sup> Στην εικόνα 54 δίνεται η εντύπωση που έχει ο παρατηρητής ο οποίος φοράει γυαλιά εικονικής πραγματικότητας όταν προσπαθεί να πιάσει ένα αντικείμενο που δεν υπάρχει στο χώρο. Αυτό είναι εφικτό μόνο όταν γίνεται παράλληλα βιντεοσκόπηση του χώρου με στερεοσκοπική κάμερα.



**Εικόνα 54**, αληθινό χέρι σε αλληλεπίδραση με εικονικό αντικείμενο, πηγη: *Effect of Coupling Haptics and Stereopsis on Depth Perception in Virtual Environment*

<sup>203</sup> G. Neukum<sup>1,4</sup>, R. Jaumann<sup>2</sup> and the HRSC Co-Investigator and Experiment Team<sup>3</sup>, *HRSC: the High Resolution Stereo Camera of Mars Express*, <http://sci.esa.int/science-e/www/object/doc.cfm?fobjectid=34967>

<sup>204</sup> Laroussi Bouguila, Masahiro Ishii and Makoto Sato, *Effect of Coupling Haptics and Stereopsis on Depth Perception in Virtual Environment*, [laroussi@pi.titech.ac.jp](mailto:laroussi@pi.titech.ac.jp)

## Κεφάλαιο Έκτο - Πρακτική εφαρμογή

### 6.1 - Εισαγωγικά

Για την ολοκλήρωση της εργασίας αυτής αναζητήθηκε η εφαρμογή των γνώσεων που αποκομίσαμε στην θεωρητική μελέτη σε συνδυασμό με τις γνώσεις που έχουμε λάβει κατά τη διάρκεια των σπουδών μας στην σχολή Αρχιτεκτονικής. Έτσι με τη χρήση προγραμμάτων cad παράγαμε τρισδιάστατα μοντέλα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ως εικονικός χώρος για την παραγωγή των στέρεο-ζευγών. Αρχικά έγιναν προσπάθειες στο πρόγραμμα Autocad με εικονικές στατικές κάμερες, ενώ στη συνέχεια παράχθηκε και ένα μοντέλο απομίμηση του μουσείου MAXXI στη Ρώμη για την παραγωγή στερεοσκοπικού βίντεο. Η χρήση των προγραμμάτων αυτών δεν επιλέχτηκε μόνο εξαιτίας της εικόνας που απέδιδε και της σχετικής ευκολίας σε σχέση με τον πραγματικό χώρο, όσο αφορά των έλεγχο των μηχανημάτων, αλλά και για την χρησιμότητα που μπορεί να προσφέρει στους αρχιτέκτονες. Αν και το εικονικό περιβάλλον είναι αρκετά σαφές και δίνει ικανοποιητική αντίληψη του χώρου δεν μπορεί να αποδώσει τις αποστάσεις πράγμα που μπορεί να δοθεί με τη λήψη δυο στερεοσκοπικών εικόνων. Έτσι ο πελάτης μπορεί να κατανοήσει το χώρο του κτιρίου και να αντιληφθεί το βάθος και τις ποιότητες του φωτισμού, σα να βρίσκεται μέσα στο αυτό.

### 6.2 -Μεθοδολογίας λήψης-παραγωγής

Τα πλεονεκτήματα της παραγωγής στέρεο-ζεύγους σε εικονικό περιβάλλον είναι καταρχήν οι απεριόριστες δυνατότητες επιλογής φακών στη φωτογραφική μηχανή και επιλογής θέσεων των δίδυμων φωτογραφικών μηχανών, φυσικά και οι απεριόριστες επιλογές διαμόρφωσης του περιβάλλοντος. Τα μειονεκτήματα εστιάζονται στις

πολύ μεγάλες απαιτήσεις μνήμης RAM όταν γίνονται τα φωτορεαλιστικά, με αποτέλεσμα να κάνει μερικές φορές απαγορευτική την αναπαραγωγή ενός φώτο-ρεαλιστικού περιβάλλοντος. Παρακάτω θα προσπαθήσουμε να δώσουμε μια λεπτομερή καταγραφή για την παραγωγή των στέρεο-ζευγών στα δύο προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν, δηλαδή το Autocad και το 3DsMax-Vray. Για την εξαγωγή των τελικών στερεοραμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα Photoshop για την επεξεργασία των εικόνων σε στατικές και κινούμενες εικόνες(time-lapse) και το After effects για την τελική παραγωγή του βίντεο.

#### 6.2.1 – Λήψη και παραγωγή στο Autocad

Το αρχικό πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Architectural Desktop 2009, σε αυτό έπρεπε πρώτα να κατασκευαστούν οι σκηνές να τοποθετηθούν φώτα και λοιπά αντικείμενα. Οι περισσότερες λήψεις έγιναν σε σκηνές που ήδη υπήρχαν κυρίως από εργασίες στη σχολή. Όταν η σκηνή έδινε αρκετά ικανοποιητική εικόνα μοντέλου, ξεκινούσε η διαδικασία των "render", φώτο-ρεαλισμών, η διαδικασία δηλαδή του προγράμματος, ώστε να εφαρμόσει τα φώτα και τα υλικά των επιφανειών, που έχουν επιλεχτεί στα αντικείμενα. Αφού σκηνοθετηθεί και εντοπιστεί η κατάλληλη λήψη, τοποθετείται η φωτογραφική μηχανή και ξεκινούν τα πειραματικά φώτο-ρεαλιστικά. Χρειάζεται όμως μια σειρά πειραμάτων, αλλαγών του φωτισμού και των υλικών, ώστε η τελική εικόνα να δίνει ένα ικανοποιητικό φώτο-ρεαλιστικό αποτέλεσμα. Η διαδικασία είναι πολύ χρονοβόρα και μπορεί να χρειαστούν αρκετές ημέρες μέχρι το τελικό ικανοποιητικό αποτέλεσμα. Στη συνέχεια γίνεται η επεξεργασία για το στερεοσκοπικό και η δημιουργία των δυο φωτογραφικών φακών που αντικαθιστούν τα μάτια.

Στο πρόγραμμα δεν έχει προβλεφτεί η δυνατότητα λήψης με στέρεο-κάμερα ενώ η ίδια εταιρία έχει τοποθετήσει αυτή την επιλογή σε άλλα προγράμματα, όπως το Maya που χρησιμοποιείται για την παραγωγή 3D Animation και φυσικά υπάρχουν πρόσθετα προγράμματα για το 3DSMAX που άλλωστε χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή του βίντεο. Ο περιορισμός αυτός είχε ως αποτέλεσμα το ζεύγος των εικονικών φωτογραφικών μηχανών να κατασκευαστεί, αν και ήταν εφικτό να μετρηθεί η βάση, ώστε να είναι ακριβώς 65 χιλιοστά σύμφωνα με την διακορική απόσταση, ήταν πολύ δύσκολο οι δυο αυτές μηχανές να βρίσκονται σε απόλυτα παράλληλες θέσεις. Αυτό συμβαίνει γιατί η φωτογραφική μηχανή στο πρόγραμμα Autocad δεν αποτελεί αντικείμενο, οπότε δεν έχει και διαστάσεις, ώστε σύμφωνα με αυτές να δημιουργηθεί παραλληλία εφαρμόζοντας το επιθυμητό σύμφωνα με τη θέση της κάμερας UCS, έτσι το αποτέλεσμα είναι ένα πιθανό μικρό σφάλμα οριζόντιας παράλλαξης.

Έχοντας περάσει τις παραπάνω δυσκολίες και τοποθετήσει τις κάμερες στην καλύτερη δυνατή παράλληλη θέση, οι τελικές λήψεις έγιναν με ανάλυση 1024x768 και ποιότητα "High", το πρόγραμμα έδινε και καλύτερη ποιότητα "Presentation" αλλά ο υπολογιστής δεν μπορούσε να αντέξει τις απαιτήσεις του προγράμματος. Οι δύο φωτογραφικές μηχανές τοποθετούνταν στερεοσκοπικά σε απόσταση 65 χιλιοστά με τη βοήθεια ενός εργαλείου που αλλάζει τις συντεταγμένες, έτσι ώστε, αν είναι δυνατόν, να δημιουργείται καθετότητα με την ακτίνα εστίασης του φακού, ώστε οι δυο φακοί να είναι όσο το δυνατόν παράλληλοι. Για την κάθε λήψη χρειάστηκαν περίπου δέκα με είκοσι λεπτά, ώστε να ολοκληρωθεί το "render". Στη συνέχεια αποθηκεύτηκαν σε μορφή συμπίεσμένου αρχείου jpeg και τοποθετήθηκαν στο πρόγραμμα

Stereomaker προκειμένου να γίνει η επεξεργασία του αναγλύφου και να τοποθετηθούν τα ομόλογα σημεία σε αντιστοιχία.

Τελικά όμως, εξαιτίας κάποιου σφάλματος φωτισμού στο Autocad που παρουσιαζόταν από την διαφορετική θέση των φωτογραφικών μηχανών, οι εικόνες χρειάστηκε να περάσουν στο Photoshop για την καλύτερη τελική ποιότητα. Συγκεκριμένα το πρόβλημα που παρουσιαζόταν ήταν αλλαγή της σκιάς και του φωτός σε ορισμένα μικρά σημεία των εικόνων, με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται περιοχές με σφάλμα "ghost", φάντασμα. Έτσι χρειαζόταν περαιτέρω επεξεργασία ώστε να διορθωθούν. Στο πρόγραμμα Photoshop οι δύο εικόνες αφού διορθώθηκαν γεωμετρικά, τοποθετήθηκαν σε ένα αρχείο (document) και μετακινήθηκαν, ώστε να βρεθούν τα ομόλογα σημεία. Στη συνέχεια με την εντολή "blending options" αφαιρέθηκε από το άνω "layer" το κόκκινο χρώμα, ενώ από το κάτω "layer" τα μπλε και πράσινο, αυτή η εντολή έδωσε αμέσως την ανάγλυφη αίσθηση που απαιτείται για την παρατήρηση με τρισδιάστατα ανάγλυφα γυαλιά κόκκινου και κυανού χρώματος. Στη συνέχεια γίνεται η τοποθέτηση στη σωστή θέση όπου το "layer" με το κόκκινο φίλτρο τοποθετήθηκε δεξιά σε σχέση με το δεύτερο "layer" και αντίστροφα με το κόκκινο φίλτρο των γυαλιών.

### 6.2.2 - Λήψη και παραγωγή στο 3DsMax με Vray

Για την παραγωγή του βίντεο στον τρισδιάστατο εικονικό χώρο μέσω το 3DsMax η αρχική φάση ήταν ο σχεδιασμός του τρισδιάστατου μοντέλου, συγκεκριμένα του κτιρίου MAXXI: Museum of XXI Century Arts στην Ρώμη, του οποίου η κατασκευή ολοκληρώθηκε το 2009<sup>205</sup> (εικόνα 55). Το

<sup>205</sup> Επίσημη ιστοσελίδα Zaha Hadid Architects, <http://www.zaha-hadid.com/architecture/maxxi/>



πρόγραμμα που επιλέχθηκε για την διαδικασία αυτή ήταν το AutoCAD (2011) της Autodesk, καταρχάς λόγω της εξοικείωσής μας με το περιβάλλον του και κατά δεύτερον λόγω της δυνατότητας σχεδιασμού με μεγάλη ακρίβεια, καθώς το συγκεκριμένο μοντέλο είχε πολύ μεγάλες σχεδιαστικές απαιτήσεις (ανισόπεδοι χώροι, καμπύλες σε όλες τις διαστάσεις, ράμπες κ.λπ.). Επιπλέον το γεγονός ότι δεν υπήρχαν διαθέσιμα καθόλου σχέδια, παρά μόνο κατόψεις σε μορφή εικόνων jpeg, έκανε απαραίτητο να ξανασχεδιαστούν στο AutoCAD και στη συνέχεια πάνω στα δισδιάστατα σχέδια δομήθηκε το τρισδιάστατο μοντέλο.



*Εικόνα 55, Maxxi: Museum of XXI Century Arts, πηγή: <http://www.dexigner.com/news/21535>, Φωτογράφιση: Roland Halbe, Iwan Baan.*

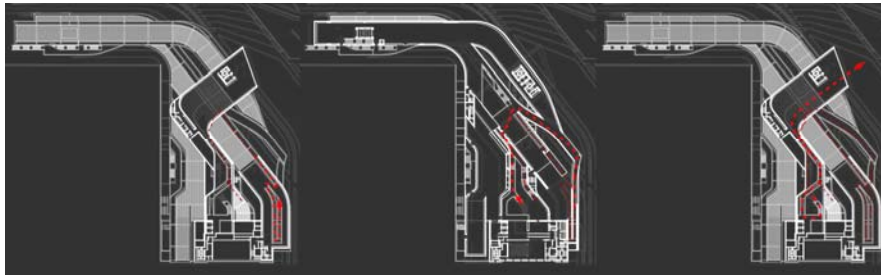
Τη δεύτερη φάση αποτέλεσε η εισαγωγή (import) του τελικού μοντέλου στο περιβάλλον του 3DSMAX της Autodesk (2011)<sup>206</sup>. Αυτό απαιτούσε μεγάλη προσοχή στην διαχείριση των διαφόρων αντικειμένων, καθώς

έπρεπε με ακρίβεια όλες οι διαφορετικές ανά υλικό οντότητες να τοποθετηθούν σε διαφορετικό “layers” ώστε να επιτευχθούν οι σωστές συναρμογές των όγκων, και να δοθούν τα κατάλληλα υλικά βάσει αυτών του πραγματικού κτιρίου (π.χ. μπετόν με εμφανή μεταλλότυπο, τοίχος με επίχρισμα, βιομηχανικό δάπεδο, γυαλί), όπως επίσης να γίνει η μετατροπή των μονάδων μέτρησης του AutoCAD στο MAX (το οποίο από προεπιλογή χρησιμοποιεί ίντσες) κ.λπ. Η όλη διαδικασία χρειάστηκε να επαναληφθεί αρκετές φορές ώστε να έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Μετά την επιτυχή εισαγωγή του μοντέλου στο MAX, σειρά είχε η αρχική επιλογή του φωτισμού του χώρου και η κατασκευή των διαφορετικών υλικών. Για πρακτικούς λόγους, όπως η καλύτερη φωτο-ρεαλιστική απεικόνιση και η μεγαλύτερη ταχύτητα στην τελική παραγωγή του video (διαδικασία του render), επιλέχθηκε η χρήση του VRAY της CHAOS GROUPS σαν πρόσθετο στο MAX. Η επιλογή αυτή επέβαλε την χρήση υλικών και φώτων ειδικά για το VRAY.

Η επόμενη φάση ήταν η επιλογή της διαδρομής που θα ακολουθούσε η (αρχικά μία) κάμερα στον εσωτερικό χώρο του μοντέλου του κτηρίου, η δημιουργία δηλαδή του σεναρίου (εικόνα 56). Η διαδικασία ήταν σχετικά πολύπλοκη, καθώς έπρεπε να σχεδιαστούν δύο διαδρομές, αυτή που θα ακολουθούσε η κάμερα και αυτή που θα ακολουθούσε το “target” της (σημείο εστίασης – στόχος) και στη συνέχεια αυτά τα δύο να κινηθούν σε επιλεγμένες θέσεις σε σχέση με τον χρόνο. Η μελέτη αυτή απαιτήσε μεγάλο χρόνο για την παραγωγή του επιθυμητού αποτελέσματος.

<sup>206</sup> Στο εξής MAX



Εικόνα 56, τμήμα της μελέτης του σεναρίου κινήσεως στο μοντέλου του κτιρίου.

Αξίζει εδώ, να αναφερθεί ότι ο αρχικός σχεδιασμός καθώς και η πρώτη προσπάθεια για παραγωγή (μη στερεοσκοπικού) βίντεο έγινε στα πλαίσια του μαθήματος Ειδικά Θέματα Συνθέσεων 9ου ΕΞΑΜΗΝΟΥ, «Αρχιτεκτονικές Διαδρομές στον Ψηφιακό Χώρο» της Σχολής Αρχιτεκτόνων το ακαδημαϊκό έτος 2010-2011.

Αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία των παραπάνω επιλογών και αφού έγιναν μία μεγάλη σειρά από δοκιμαστικά render σε διάφορα καρέ, ώστε να γίνουν όλες οι απαραίτητες ρυθμίσεις του VRAY και διορθώσεις για τον καλύτερο φωτισμό και την γρηγορότερη παραγωγή του βίντεο (διαδικασία που διήρκησε αρκετές μέρες), έπρεπε να γίνει η «αντικατάσταση» της μονής κάμερας από το ζεύγος των εικονικών καμερών ώστε να έχουμε στερεοσκοπικό αποτέλεσμα.

Αρχικά έγινε μία δοκιμή να αντιγραφεί η «κεντρική κάμερα» δύο φορές (αριστερά και δεξιά) και οι δύο νέες κάμερες (οι οποίες διατηρούν πάντα τις ίδιες παραμέτρους τόσο μεταξύ τους όσο και με την «κεντρική κάμερα», χρησιμοποιώντας το «copy-instance» στο MAX) να συνδεθούν με την αρχική. Ενώ η διαδικασία φαινόταν αρχικά απλή και σχετικά γρήγορη, στην πράξη παρουσιάστηκαν προβλήματα όταν η κάμερες κινούνταν στο χώρο – χρόνο. Το αποτέλεσμα ήταν τα “targets” να μην

κινούνται ταυτόχρονα και παράλληλα ή ακόμα και να αλλάζουν θέση μεταξύ τους σε πολύπλοκες διαδρομές. Το πρόβλημα αυτό θα λυνόταν αν δημιουργούνταν παράλληλες διαδρομές τόσο για τις νέες κάμερες όσο και για τα “targets” τους, ενώ ταυτόχρονα θα ορίζονταν και ακριβώς οι ίδιες παράμετροι χώρου – χρόνου και για τις δύο κάμερες. Διαδικασία που ήταν αδύνατον να πραγματοποιηθεί με το μάτι, και αν γινόταν θα είχε σίγουρα σφάλματα, δηλαδή δεν θα είχαμε το απαιτούμενο στερεοσκοπικό αποτέλεσμα.

Η επόμενη δοκιμή ήταν η χρήση της δυνατότητας του VRAY (V 2.0) για την «αυτόματη» (κατόπιν ειδικών ρυθμίσεων) παραγωγή του εικονικού ζεύγους καμερών (“Vray Stereoscopic Helper” – από το μενού Create/Helpers/VRay/VrayStereoscopic). Η διαδικασία πολύ απλή: στις παραμέτρους του “Vray Stereoscopic Helper” αρκεί να οριστούν η απόσταση των ματιών (δηλ. η απόσταση των δύο «νέων καμερών» μεταξύ τους, σε πραγματικές μονάδες, π.χ. 65mm), η θέση τους σε σχέση με την αρχική κάμερα (π.χ. η μία αριστερά και η άλλη δεξιά ή και οι δύο αριστερά ή δεξιά του άξονα), η επιλογή για την εμφάνιση κατά το render και των δύο εικόνων side-by-side ή την εμφάνιση της κάθε εικόνας χωριστά κ.λπ.). Τα αποτελέσματα όμως, μετά από μία σειρά δοκιμαστικών render σε πολλαπλά καρέ με ποικίλες διαφορές μεταξύ τους, όπως φωτεινότητα, πεδίο βάθους κ.λπ., δεν ήταν καθόλου ικανοποιητικά. Ακόμη και όταν έγιναν μετρήσεις με τον κανόνα του 1/30. Οι εικόνες που παράγονταν δεν είχαν σχεδόν καθόλου την αίσθηση του βάθους. Έπρεπε να γίνει επιπλέον η διαδικασία εισαγωγής των εικόνων στο Photoshop και επεξεργασίας τους ώστε να βρεθούν τα ομόλογα σημεία, όπως ακριβώς στην περίπτωση της λήψης στο περιβάλλον του AutoCAD. Ενώ η διαδικασία αυτή είναι ανεκτή για την παραγωγή στερεοσκοπικών εικόνων, στην περίπτωση του βίντεο είναι

απαγορευτική (ενδεικτικά αναφέρεται ότι ένα βίντεο π.χ. 2 λεπτών με συχνότητα 24 fps (καρέ/δευτερόλεπτο) χρειάζεται 2880 καρέ!).

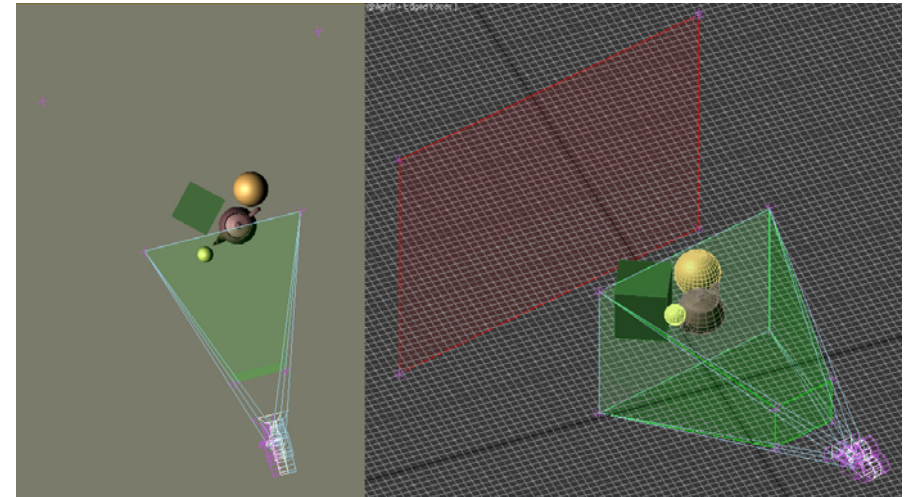
Η τελική λύση για την μελέτη και παραγωγή στερεοσκοπικού βίντεο βρέθηκε μέσα από την επίσημη ιστοσελίδα της Autodesk. Συγκεκριμένα, στο “blog” του Louis Marcoux, υπήρχε ειδικό άρθρο<sup>207</sup> για την εύκολη, γρήγορη και με ακρίβεια παραγωγή του εικονικού στέρεο-ζεύγους καμερών στο περιβάλλον του MAX, καθώς και εκτεταμένη περιγραφή όλης της διαδικασίας.

Η βασική διαφορά αυτής της διαδικασίας σε σχέση με τις υπόλοιπες ήταν ότι στις δύο νέες κάμερες και πλήρως συνδεδεμένες με την αρχική, εφαρμοζόταν μία παράμετρος (“skew modifier”) η οποία επιτρέπει την «σκεύρωση» των πεδίων όρασης των καμερών ώστε να συναντήσουν το πεδίο της αρχικής, χωρίς όμως να χαθεί η παραλληλία τους. Ουσιαστικά, αυτή η παράμετρος μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί της περεταιίρω επεξεργασίας στο Photoshop των εικόνων, αφού μετακινεί εξαρχής τις δύο εικόνες με κοινά ομόλογα σημεία.

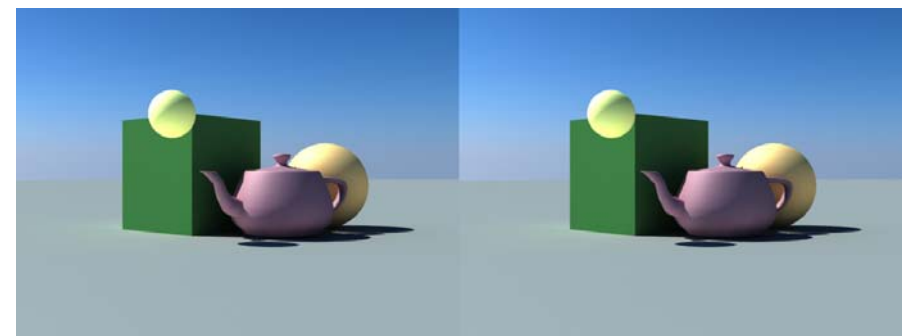
Βάσει όλων των προηγουμένων, ο Louis Marcoux δημιούργησε ένα πρόσθετο για το MAX (“stereo camera modifier”) το οποίο παρέχει δωρεάν μέσω της προσωπικής του ιστοσελίδας. Το “modifier” εφαρμόζει όλους τους παραπάνω κανόνες σε μία απλή κάμερα, είτε αυτή είναι σταθερή (για την παραγωγή μιας εικόνας) είτε αυτή κινείται σε σχέση με τον χρόνο (για την παραγωγή διαδοχικών καρέ). Συν τοις άλλοις, περιλαμβάνει όλες τις παραμέτρους για την παραγωγή ενός σωστού

<sup>207</sup>[http://area.autodesk.com/blogs/louis/stereoscopy\\_in\\_3ds\\_max\\_with\\_stereocam\\_modifier](http://area.autodesk.com/blogs/louis/stereoscopy_in_3ds_max_with_stereocam_modifier)

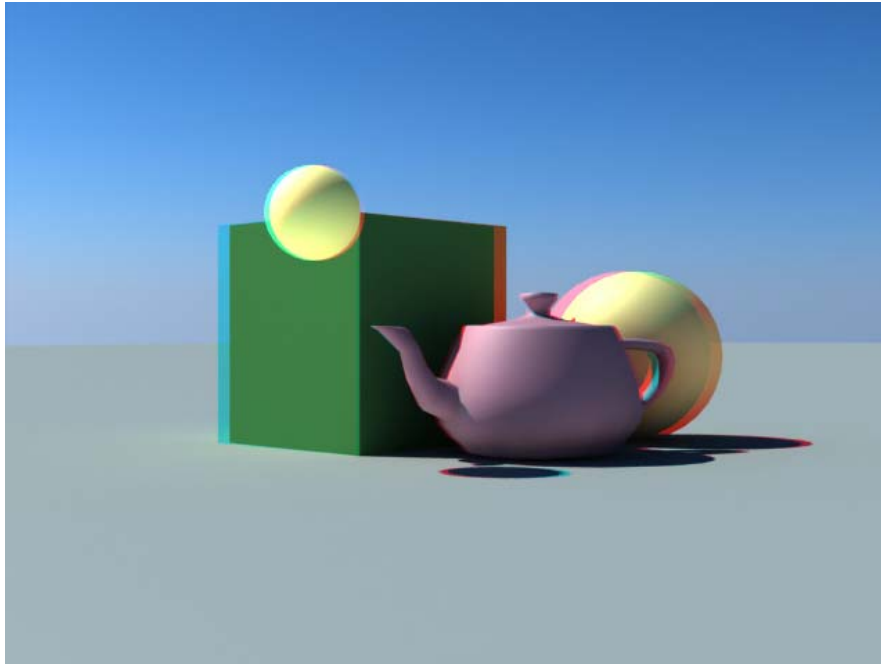
στερεοσκοπικού αποτελέσματος, οι οποίες ενδεικτικά είναι: μέγεθος οθόνης προβολής, απόσταση θεατή, απόσταση μεταξύ των δύο καμερών, απόσταση καμερών από το θέμα όπως και την επιλογή αλλαγής της συνολικής κλίμακας του στέρεο-ζεύγους καμερών χωρίς όμως να πειραχθούν οι παραπάνω παραμέτροι (εικόνα 57, 58, 59).



Εικόνα 57, Screen Shots από την πρώτη δοκιμή σε μοντέλο



Εικόνα 58, Παραγωγή εικόνας side-by-side



Εικόνα 59, Παραγωγή αναγλύφου

Αφού έγιναν τα απαραίτητα δοκιμαστικά σε πιο απλά μοντέλα στο MAX, έγινε εφαρμογή στο τελικό τρισδιάστατο μοντέλο του MAXXI. Οι διάφοροι παράμετροι έπρεπε να αλλάζουν κατά περίπτωση, καθώς η κάμερες κινούνταν στον χώρο. Μετά από μια σειρά πειραματισμούς και δοκιμές, και την βεβαίωση ότι όλες οι παράμετροι ήταν σωστές, μπορούσε να αρχίσει η διαδικασία του render. Το τελικό βίντεο θα είχε διάρκεια 95 δευτερολέπτων με συχνότητα 24 fps, δηλ. 2280 καρτέ. Το γεγονός ότι έπρεπε να γίνει ξεχωριστό render για την κάθε κάμερα, δηλαδή συνολικά 4560 καρτέ, επέβαλε την χρήση τουλάχιστον έξι Η/Υ! Τέλος, επιλέξαμε τα καρτέ να αποθηκεύονται σε μορφή jpeg, καθένα

ξεχωριστά, ώστε να έχουμε ανά πάσα στιγμή τον πλήρη έλεγχο για το τι έχει παραχθεί. Έπειτα θα γινόταν κάποια επιλογή των καρτέ αυτών, χωρίς φυσικά να χαλάσει η ροή του βίντεο. Τα καρτέ που επιλέχθηκαν τα επεξεργαστήκαμε στο πρόγραμμα After Effects της Adobe ώστε να γίνει το τελικό μοντάζ και να δοθούν οι χρωματισμοί κυανό και κόκκινο στην αντίστοιχη σειρά των καρτέ.

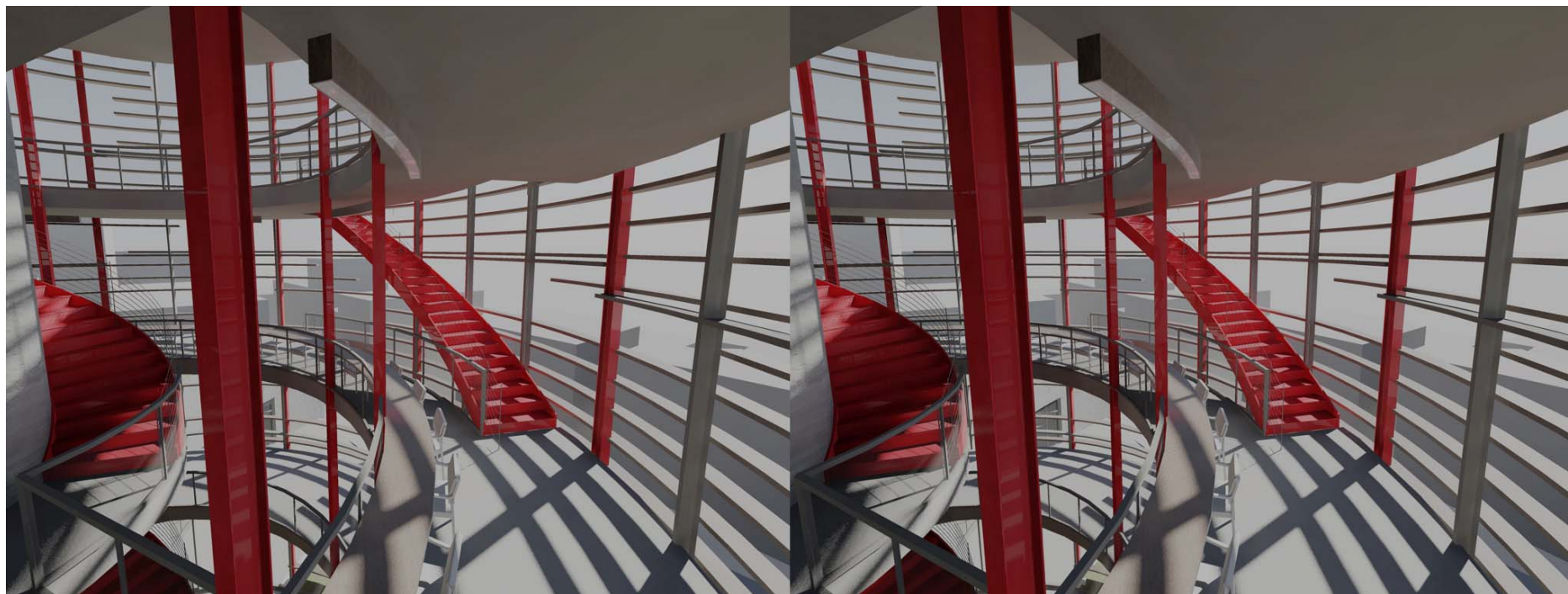
Συγκεκριμένα τα καρτέ της κάθε κάμερας τοποθετήθηκαν σε αντίστοιχο φάκελο (left-right) με αριθμητική σειρά στην ονομασία των καρτέ και έγιναν import στο πρόγραμμα. Έτσι είχαμε δύο ακολουθίες, μεταφρασμένες σε βίντεο, κάθε καρτέ πρέπει να διαρκεί 1/24 του δευτερολέπτου ώστε να δοθεί η συχνότητα 24 fps που είχε προεπιλεγθεί από το MAX. Αφού τα βίντεο τοποθετήθηκαν στο "Timeline" το ένα πάνω από το άλλο, στο κάθε ένα από αυτά τοποθετήθηκε εφέ μίξης καναλιών (color channel mixer) όπου για το βίντεο που παράχθηκε με την αριστερή κάμερα μηδενίστηκαν τα κανάλια πράσινο και μπλε, ενώ για την δεξιά μηδενίστηκε το κόκκινο. Τέλος στο βίντεο, στην επάνω θέση του "timeline" εφαρμόστηκε "blending mode-Add" ώστε να δώσει την επιθυμητή διαφάνεια και να διαβάζονται και τα δυο βίντεο. Έτσι με αυτόν τον απλό τρόπο δημιουργήσαμε το ανάγλυφο αποτέλεσμα. Για την παραγωγή του βίντεο σε μορφή side by side αρκεί να διορθωθεί το μέγεθος της σκηνής στο διπλάσιο πλάτος από αυτό του καρτέ και οι δυο ακολουθίες να τοποθετηθούν στην ίδια σκηνή. Η αριστερή σε αντιστοιχία με το αριστερό μάτι και η δεξιά με το δεξί, για παρατήρηση με στερεοσκόπιο και αντίστροφα για παρατήρηση με ελεύθερα μάτια.

### 6.3 -Τρόπος παρουσίασης

Για την τελική παρουσίαση επιλέχθηκαν δύο μέθοδοι παρουσίασης για τις στατικές και κινούμενες εικόνες που δημιουργήθηκαν, η πρώτη με βοηθητικά ανάγλυφα γυαλιά που φιλτράρουν διαφορετική εικόνα και επιτρέπουν στο μάτι να βλέπει δυο εικόνες και η παράλληλη παρατήρηση με πρισματικό στερεοσκόπιο, "side-by-side", με τις εικόνες και τα βίντεο να βρίσκονται η μία πλάι της άλλης. Στην περίπτωση του βίντεο η δεύτερη μέθοδος δεν μπορούσε να προβληθεί καθώς τα πρισματικά γυαλιά επιτρέπουν στερεοσκοπική θέαση σε απόσταση 50 εκατοστά από την εικόνα. Για την προβολή εικόνων η μια δίπλα στην άλλη η μόνο εφικτή στερεοσκοπική απόδοση θα ήταν αν οι δυο εικόνες παρουσιάζονταν για θέαση με τη χρήση γυμνών οφθαλμών και τον επιλεκτικό στραβισμό μέχρι την επίτευξη του στερεοσκοπικού αποτελέσματος. Φυσικά αυτό θα ήταν πολύ κουραστικό ειδικά στην περίπτωση του βίντεο και απαγορευτικό για όσους έχουν μικροπροβλήματα όρασης.

Για τις δυνατότητες τεχνολογίας που μας παρέχει η σχολή η πιο κατάλληλη μέθοδος ήταν αυτή των ανάγλυφων γυαλιών με τα πιο κοινά χρωματικά φίλτρα κόκκινο και κυανό για τον δεξιό και αριστερό οφθαλμό αντίστοιχα. Η τελική παρουσίαση γίνεται με προβολή των εικόνων με ψηφιακό προβολέα, καθώς κατά την εκτύπωση ενδέχεται να υπάρχει χρωματικό σφάλμα ανάλογα με την εκτυπωτική μηχανή. Για τη δημιουργία του βίντεο έγιναν μετρήσεις στην αίθουσα και υπολογισμοί με την απόσταση ενός κεντρικού θεατή από την οθόνη όπως και το μήκος της οθόνης, αλλά φυσικά και η ανάλυση του προβολέα. Συγκεκριμένα ιδανικότερη θέαση έχει ο θεατής που κάθεται στο κεντρικό κάθισμα της τρίτης σειράς καθισμάτων στο αμφιθέατρο του τέταρτου ορόφου, του

τομέα των χώρων στην Σχολή Αρχιτεκτόνων ΕΜΠ. Στις παρακάτω σελίδες μπορείτε να δείτε τι εικόνες που παράχθηκαν από το Autocad σε διάφορα εικονικά μοντέλα χώρων και μερικά επιλεγμένα καρέ από το μοντέλο του μουσείου MAXXI σε μορφή side by side με τη χρήση των πρισματικών γυαλιών.



*Εικόνα 60, side-by-side, παράλληλη παρατήρηση.*

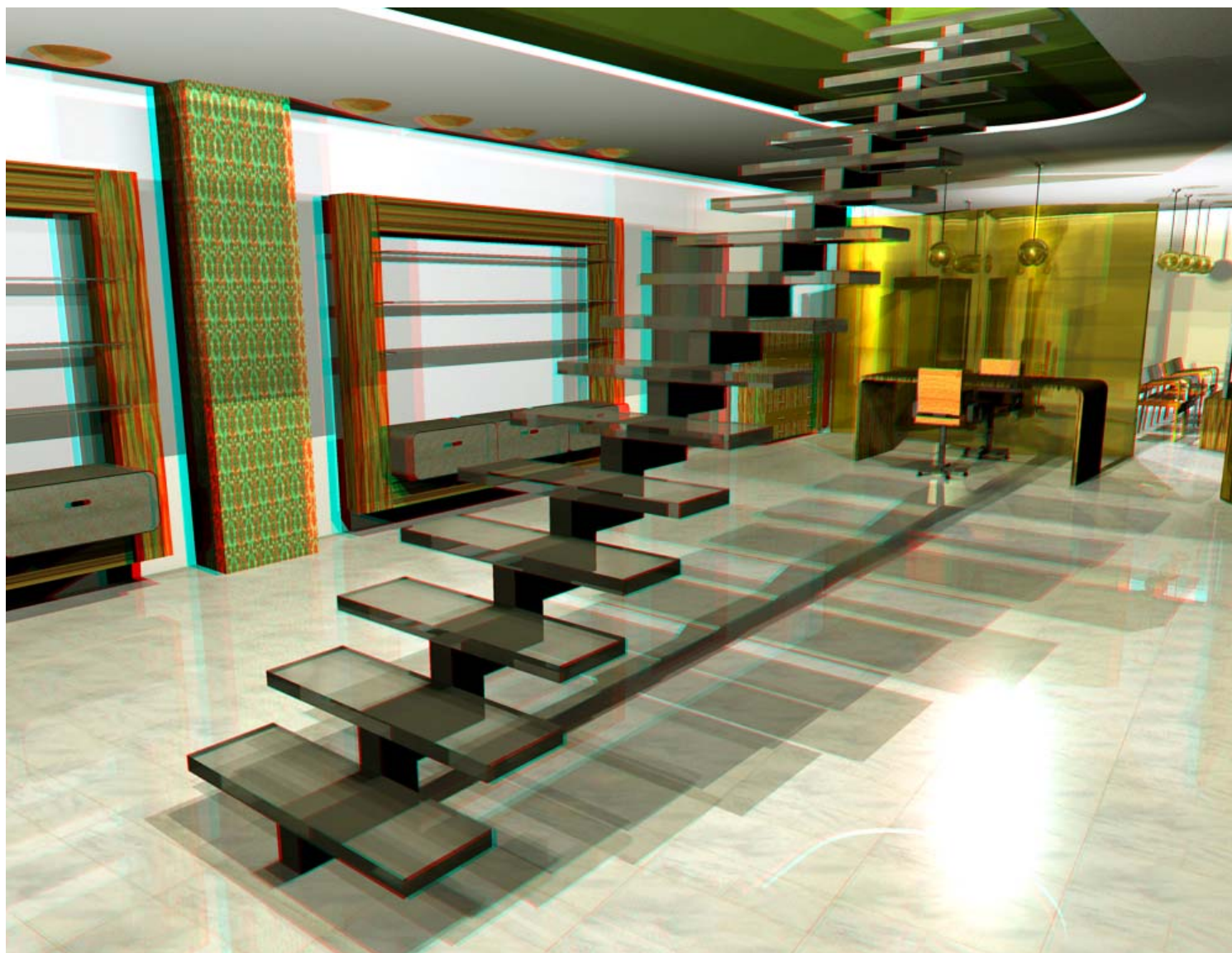


Εικόνα 61, anaglyph stereo capture 2



Εικόνα 62, side-by-side, παράλληλη παρατήρηση.





Εικόνα 63, anaglyph stereo capture 3



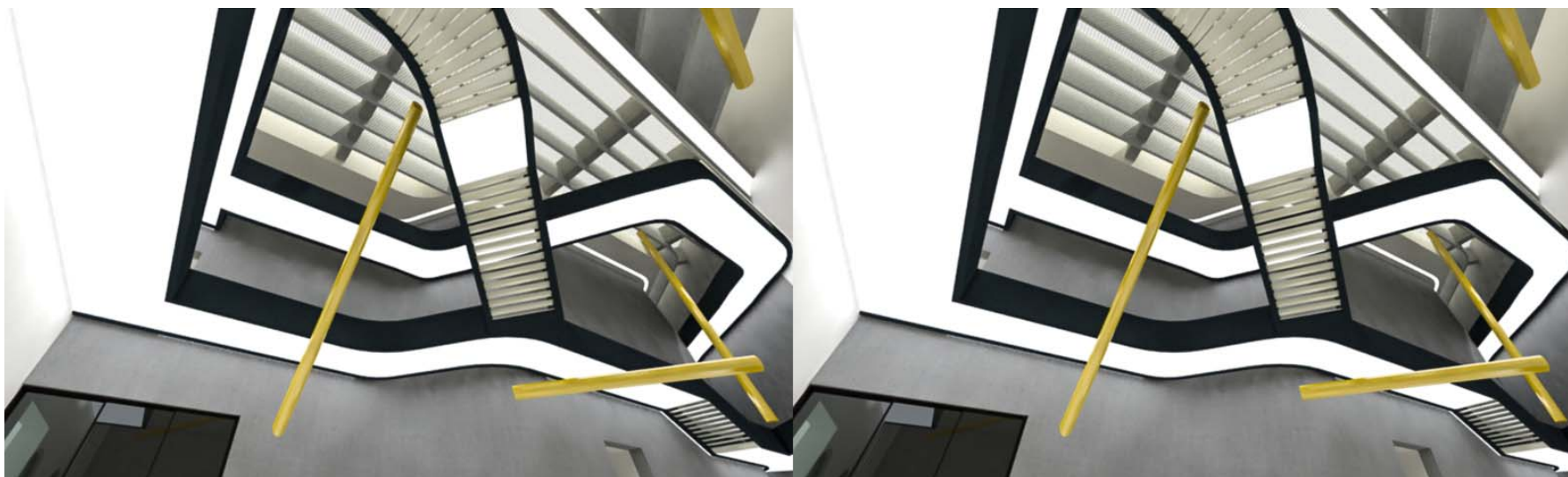
Εικόνα 64, side-by-side, παράλληλη παρατήρηση.



Εικόνα 65, anaglyph stereo capture 4.



Εικόνα 66, side-by-side, παράλληλη παρατήρηση.



*Εικόνα 67, side-by-side, καρέ 0256, παράλληλη παρατήρηση.*



*Εικόνα 68, side-by-side, καρέ 305, παράλληλη παρατήρηση.*



*Εικόνα 69, side-by-side, καρέ 550, παράλληλη παρατήρηση.*



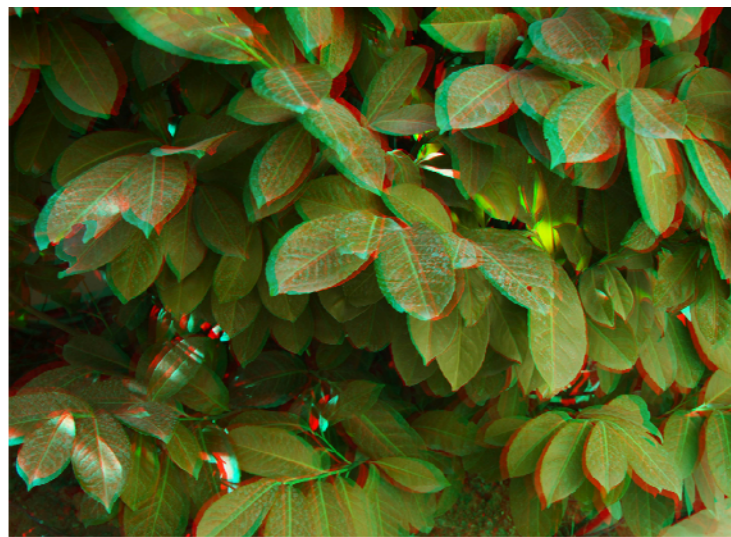
*Εικόνα 70, side-by-side, καρέ 597, παράλληλη παρατήρηση.*



Εικόνα 71, side-by-side, καρέ 663, παράλληλη παρατήρηση.



Εικόνα 72, side-by-side, καρέ 750, παράλληλη παρατήρηση.



**Εικόνα 73**, να επισημάνουμε πως όλες οι ανάγλυφες εκτυπώσεις μπορεί να έχουν σφάλματα, καθώς οι εκτυπωτές δεν αποδίδουν σχεδόν ποτέ τα χρώματα, σε αντιστοιχεία με το κόκκινο και κυανό των γυαλιών.



#### 6.4 - Απολογισμός και μέλλον

Η στερεοσκοπική φωτογραφία δεν αποτελεί μία ιδιαίτερα δημοφιλή μέθοδο φωτογράφισης στην Ελλάδα, λίγοι γνωρίζουν την τεχνική λήψης στερεοσκοπικών εικόνων και ακόμα λιγότεροι την εφαρμόζουν. Πολύ λιγότεροι ασχολούνται με την παραγωγή βίντεο. Στην επιστήμη όμως και στις τέχνες η μέθοδος αυτή βρίσκεται σε αρκετές εφαρμογές και παρέχει πολλές δυνατότητες έρευνας, όπως ήδη αναφέρθηκε. Μάλιστα σε συνδυασμό και με την ολογραφική εικόνα που συνεχώς εξελίσσεται η παραγωγή τρισδιάστατων εικόνων φαίνεται πολύ πιθανό να εισβάλλει πολύ σύντομα στη ζωή μας με διάφορες μορφές, αφού ήδη έχει κατακτήσει τον κινηματογράφο και έχει εφαρμοστεί σε πολλές μικροσυσκευές. Στην περίπτωση της κινούμενης εικόνας η στερεοφωτογραφία έπαιξε από την αρχή της γέννησης του κινηματογράφου σημαντικό ρόλο, αφού συνέβαλε ενεργά στην εξέλιξη του. Αυτός ήταν και ο λόγος που δημιουργήθηκαν πολλά τρισδιάστατα φιλμ από τη στιγμή της εμφάνισής του.

Σήμερα όμως οι ψηφιακές τεχνολογίες και ευκολίες έχουν πολλαπλασιάσει την παραγωγή τρισδιάστατων φιλμ σε σημείο σχεδόν κάθε νέα ταινία που παράγει το Hollywood να προβάλλεται και σε 3D μορφή. Επίσης η ψηφιακή τεχνολογία ήταν ο παράγοντας να κατασκευαστούν τρισδιάστατες Plasma τηλεοράσεις με πολύ εντυπωσιακό αποτέλεσμα και να προωθηθούν το 2010 στην αγορά. Το Fifa World Cup 2011 μεταδόθηκε σε συνεργασία με τη Sony που κάλυψε το γεγονός με στερεοσκοπική κάμερα "Full Resolution", έτσι όποιος διέθετε τηλεόραση HD 3D μπορούσε να παρακολουθήσει τους αγώνες σε τρεις διαστάσεις στο σαλόνι του. Καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται το μέλλον επιφυλάσσει εντυπωσιακές ανακαλύψεις και εφαρμογές πάνω

στην τρισδιάστατη εικόνα που απ' ό,τι φαίνεται είναι ο νέος τρόπος παρακολούθησης. Αναμένεται σε λίγα χρόνια κάθε σπίτι θα διαθέτει τρισδιάστατο εξοπλισμό, τηλεόραση HD με "Blu-ray", οθόνη υπολογιστή, κινητό τηλέφωνο και φωτογραφική μηχανή, πιθανόν κάθε οθόνη σε οποιαδήποτε εφαρμογή ή μηχανήμα να δίνει 3D αποτέλεσμα.

Η Microsoft ανακοίνωσε πως πολύ σύντομα θα δημιουργήσει οθόνες στις οποίες ο χρήστης θα αλληλεπιδρά εξ αποστάσεως κινώντας τα χέρια και δάχτυλά του και εικονίδια θα πετάγονται έξω από την επιφάνεια της οθόνης.<sup>208</sup> Ήδη στις πιο μικρές προσωπικές συσκευές, όπως είναι τα κινητά τηλέφωνα, είναι εφικτό να παραχθούν αλλά και να παρατηρηθούν στερεοσκοπικές εικόνες. Όπως αναφέρθηκε και στο τρίτο κεφάλαιο, στον 21<sup>ο</sup> αιώνα έχουν γίνει αρκετά μεγάλα άλματα πάνω στην στερεοσκοπική απεικόνιση και την διάδοση του, ενώ έχουν περάσει μόλις 10 χρόνια από την αναβίωση του S3D. Η εξάπλωση αυτή δίνει την ώθηση να ασχοληθούν με την τεχνολογία όλο και περισσότεροι τομείς. Γκαλερί αναβιώνουν και εκθέτουν φωτογράφους από το παρελθόν που φωτογράφιζαν στερεοσκοπικά. Επιπλέον όλο και περισσότεροι καλλιτέχνες φωτογράφοι και εικονολήπτες χρησιμοποιούν την μέθοδο αυτή για να εκφραστούν. Γίνονται περισσότερα συνέδρια και συναντήσεις για το 3D και εμφανίζονται συνεχώς "site" και "blog"<sup>209</sup> που ασχολούνται αποκλειστικά με το τρισδιάστατο και τις νέες τεχνολογίες πάνω σε αυτό. Το MIT Lab παρουσίασε μια οθόνη που χρησιμοποιεί την στερεοσκοπική αντίληψη ώστε να αναλύει τις κινήσεις του φωτός μπροστά από την οθόνη. Πρόκειται για μια λεπτή οθόνη LCD που λειτουργεί και ως απλή οθόνη προβολής ενώ είναι παράλληλα και

<sup>208</sup> Διαφημιστικό video Microsoft technologies,

[http://www.metacafe.com/watch/2566445/microsoft\\_future\\_2019/](http://www.metacafe.com/watch/2566445/microsoft_future_2019/), 07/2010

<sup>209</sup> Anton, <http://3dvision-blog.com/>

αισθητήρας φωτός. Τον αισθητήρα αποτελούν πολλαπλές μικροσκοπικές κάμερες χαμηλής ανάλυσης.<sup>210</sup> Η τεχνολογία αυτή δείχνει ένα μέλλον όπου το ποντίκι ή το πληκτρολόγιο του υπολογιστή θα είναι άχρηστο. Την BiDi screen παρουσίασε το MIT στο συνέδριο γραφικών εφαρμογών, SiggraphAsia το 2009. Στο ίδιο όμως συνέδριο παρουσιάστηκε μια οπτική ψηφιακή συσκευή από το NICT που επιτρέπει σε εικόνες να αιωρούνται ενώ γίνεται διάδραση με την κίνηση του χεριού. Η εφαρμογή αυτή βασίζεται σε συνδυασμό προβολέα και καθρέπτη και πρόκειται για μια "re-image" οθόνη (κεφάλαιο 5.3).<sup>211</sup>

Αυτό όμως που θα αλλάξει εντελώς τα δεδομένα στην τρισδιάστατη απεικόνιση θα είναι η ολογραφική εικόνα, η οποία αν και βρίσκεται ακόμη σε πολύ αρχικό στάδιο, καταφέρνει να εντυπωσιάσει το κοινό και χρησιμοποιείται κυρίως για την αποφυγή υποκλοπής σε χαρτονομίσματα ακόμη και κέρματα. Η ολογραφία μέχρι πρόσφατα βασιζόταν ακόμη σε αναλογικές μεθόδους αποτύπωσης και προβολής. Έχουν όμως γίνει τα πρώτα βήματα για την ψηφιακή αποτύπωση, η οποία αναμένεται να απλοποιηθεί, ώστε να εφαρμοστεί σε περισσότερους τομείς της καθημερινότητας.<sup>212</sup> Η τρισδιάστατη αντίληψη θα κινεί πάντα το ενδιαφέρον του κοινού και θα αποτελεί κομμάτι συνεχής έρευνας για πολλαπλές επιστήμες. Η διαδικασία παραγωγής και κυρίως η διαδικασία σύζευξης δεν είναι ακόμη τόσο εύκολη όσο η παράγωγή μιας

<sup>210</sup> Matthew Hirsch, Douglas Lanman, Henry Holtzman, Ramesh Raskar, *BiDi screen*, ACM Trans. Graph., 2009, τεύχος 28-5, <http://web.media.mit.edu/~mhirsch/bidi/>, 03/2010

<sup>211</sup> Satoshi Maekawa, Sandor Markon, *Floating Touch Display for Interfacing with Floating Images*, [http://www2.nict.go.jp/pub/whatsnew/press/h21/090415/090415-3\\_e.html](http://www2.nict.go.jp/pub/whatsnew/press/h21/090415/090415-3_e.html), 08/2010

<sup>212</sup> Damien P. Kelly, David S. Monaghan, Nitesh Pandey, Tomasz Kozacki, Aneta Michałkiewicz, Grzegorz Finke, Bryan M. Hennelly, Malgorzata Kujawinska, *Digital Holographic Capture and Optoelectronic Reconstruction for 3D Displays*, 2009, <http://www.hindawi.com/journals/ijdm/2010/759323.html>, 07/2010

δισδιάστατης εικόνας, αν και πολλές εταιρίες έχουν προσπαθήσει να εξαλείψουν την ανάγκη επεξεργασίας μετά τη λήψη. Αυτός είναι και ο μόνος λόγος που δεν χρησιμοποιείται άνετα από το ευρύ κοινό ακόμη. Ένα άλλο πρόβλημα που κουράζει το κοινό και μετατοπίζει την θέαση του 3D βήματα πίσω, είναι η παραγωγή τρισδιάστατων ταινιών ή εικόνων μέσα από δισδιάστατες φωτογραφίες με τη χρήση κάποιων αυτομάτων λογισμικών. Η διάδοση ωστόσο της τεχνολογίας με τα διάφορα μέσα αναπαραγωγής θα δώσει πολύ σύντομα στη στερεοσκοπία θέση ανάλογη ίσως και σημαντικότερη από αυτή της δισδιάστατης εικόνας. Άλλωστε είναι πολύ λογικό ο ανθρώπινος εγκέφαλος να δέχεται με περισσότερη ευκολία αναπαραστάσεις που πλησιάζουν στην πραγματική του όραση δηλαδή την απεικόνιση με τρεις διαστάσεις. Στο μακρινό μέλλον αναμένεται η τεχνολογία εισβάλλει με τόσο πραγματικές διαστάσεις στη ζωή του ανθρώπου που ο ίδιος θα αδυνατεί να ξεχωρίσει το εικονικό από το πραγματικό.

### 6.5 - Συμπεράσματα

Αφού εργαστήκαμε πάνω στις τεχνικές λήψης της στερεοσκοπικής εικόνας σε πραγματικό και εικονικό περιβάλλον και μπορέσαμε να εξάγουμε ένα ικανοποιητικό στερεοσκοπικό αποτέλεσμα αποκομίσαμε περισσότερες γνώσεις όσο αφορά τα δυο προγράμματα CAD τα οποία χρησιμοποιήσαμε και σχεδόν εξειδικευτήκαμε στην παραγωγή στερεοσκοπικών μοντέλων. Φυσικά, τέλεια αποτελέσματα θα μπορούμε να παράγουμε στο μέλλον όταν η εμπειρία θα μας έχει προσφέρει την εγρήγορση για την αποφυγή λαθών, και η τεχνολογία θα μας βοηθήσει να παράγουμε αποτελέσματα σε λιγότερο χρόνο. Αυτό όμως που κατανοήσαμε είναι ότι η στερεοσκοπική απεικόνιση αποδίδει ιδιαίτερα εντυπωσιακούς εικονικούς χώρους και θα μπορούσε να είναι ένα

εργαλείο του αρχιτέκτονα για την ολοκληρωμένη παρουσίαση του έργου του στον πελάτη.

Ήδη εταιρίες όπως η Zebra Imaging<sup>213</sup> εκτυπώνουν ολογραφικά αρχιτεκτονικά μοντέλα και αρκετά αρχιτεκτονικά γραφεία εκμεταλλεύονται την τεχνολογία αυτή για την παρουσίαση της δουλειάς τους. Όμοια με τη χρήση της στερεοσκοπικής τεχνολογίας θα μπορούσαν να γίνονται “lenticular” εκτυπώσεις οι οποίες θα αποδίδουν τις ποιότητες βάθους των μοντέλων. Φυσικά η απόδοση σε βίντεο είναι και η πιο ολοκληρωμένη παρουσίαση, που όμως, όπως αναφέρθηκε και στο πρακτικό κομμάτι της έρευνας μας, η πραγματοποίηση του απαιτεί πολύ χρόνο, όχι μόνο για την παραγωγή του μοντέλου, αλλά κυρίως για την εξαγωγή του σε στερεοσκοπική και φωτορεαλιστική μορφή. Για ένα λοιπόν αρχιτεκτονικό γραφείο που επιθυμεί να χρησιμοποιήσει αυτήν την τεχνολογία θα ήταν απαραίτητο ένα τμήμα που να εξειδικεύεται και να ασχολείται αποκλειστικά με την παραγωγή του στερεοσκοπικού βίντεο. Βέβαια επειδή ήδη τα περισσότερα γραφεία παράγουν τρισδιάστατα μοντέλα το μόνο που χρειάζεται είναι η διπλή εξαγωγή τους σε μορφή βίντεο ή εικόνων και η εισαγωγή τους σε ένα πρόγραμμα μοντάζ ή ακόμα ευκολότερα σε ένα πρόγραμμα παραγωγής στερεοσκοπικών εικόνων.

Τα αποτελέσματα είναι πολύ εντυπωσιακά, πρέπει όμως να δίνεται προσοχή στην καλή ποιότητα του στέρεο-ζεύγους ώστε να αποφεύγονται οι κουραστικές και μη αναγνώσιμες εικόνες που θα έφερναν το εντελώς αντίθετο αποτέλεσμα. Γενικά εμείς προτείνουμε την παρουσίαση με την στερεοσκοπική απεικόνιση και έχοντας αποκτήσει αυτή τη γνώση είναι

σίγουρο πως θα την εκμεταλλευτούμε για την παρουσίαση μελλοντικών μοντέλων πάνω στα οποία ελπίζουμε να εργαστούμε.

<sup>213</sup> <http://www.zebraimaging.com/>

### Βιβλιογραφία

1. Aiptek international. *Aiptek3D i2*. [http://www.aiptek.eu/index.php?option=com\\_product&task=view&productid=236&Itemid=587](http://www.aiptek.eu/index.php?option=com_product&task=view&productid=236&Itemid=587), [προσπ. 07/2010].
2. Alexander Klein. *The minoru 3D webcam. Stereoscopy*, τεύχος 78, σειρά 2. 2/2009.
3. Alexander Klein. *Useful 3D programs and utilities*. <http://www.stereoscopy.com/downloads/>, [προσπ. 03/2010].
4. Andrew J. Woods, Chris R. Harris. *Comparing levels of crosstalk with red/cyan, blue/yellow, and green/magenta 3D glasses*. 2010-11.pdf, <http://cmst.curtin.edu.au/local/docs/pubs/2010-11.pdf>, σ.2, [προσπ. 07/2010].
5. Anton. *3d Vision Blog*, <http://3dvision-blog.com/>, [προσπ. 08/2010].
6. Arthur W. Judge., *Stereoscopic Photography*. Chapman and Hall, Λονδίνο, 2<sup>η</sup> έκδοση, 1935.
7. Barry G. Blundell. *An Introduction to Computer Graphics and Creative 3-D Environments*. Springer, Λονδίνο 2008.
8. Bernard Mendiburu. *3D Movie Making*. Focal press, Elsevier 2009.
9. Bob Aldridge. *Mounting Stereo Slides*. International Stereoscopic Union, <http://www.stereoscopy.com/isu/mounting.html>, [προσπ. 10/2009].
10. Boris Starosta. *How to free view stereo pairs*. 3D Showcase: Help with Cross-Eyed Stereo Viewing, <http://www.starosta.com/3dshowcase/ihelp.html>, [προσπ. 05/2010].
11. Brian Coe. *Color Photography: the first hundred years 1840-1940*. Ash & Grant, 1978, ηλεκτρονική έκδοση από Google books, [προσπ. 10/2009].
12. Brian May, Elena Vidal, Ιστοσελίδα για London stereoscopic Company, <http://www.londonstereo.com/index.html>, [προσπ. 10/2009].
13. Camerapedia. *Stereo*. Stereo-Camerapedia.org, [http://www.camerapedia.org/wiki/Stereo\\_camera](http://www.camerapedia.org/wiki/Stereo_camera), [προσπ. 11/2009].
14. Charles More. *Understanding the Industrial Revolution*. εκδόσεις Routledge, London, 2000.
15. Damien P. Kelly\_ David S. Monaghan\_ Nitesh Pandey\_ Tomasz Kozacki\_ Aneta Michałkiewicz\_ Grzegorz Finke\_ Bryan M. Hennelly\_ Malgorzata Kujawinska. Digital Holographic Capture and Optoelectronic Reconstruction for 3D Displays. 2009, <http://www.hindawi.com/journals/ijdmb/2010/759323.html>, [προσπ. 08/2010].
16. Dave C. Crow. *Linear perspective examples*. Visual Illusions-Monocular Cues Examples, <http://www.cs.cmu.edu/~dccrow/uwaterloo/MonocularExamples.html>, [προσπ. 09/2009].
17. Dave C. Crow. *Visual illusions-monocular cues*. <http://www.cs.cmu.edu/~dccrow/uwaterloo/Monocular.html>, [προσπ. 09/2009].
18. David F. McAllister. *Display Technology*, Department of Computer Science North Carolina State University, Raleigh.

19. David Heeger. *Perception Lecture Notes: Depth, Size, and Shape*. <http://www.cns.nyu.edu/~david/courses/perception/lecturenotes/depth/depth-size.html>, [προσπ. 09/2009].
20. David K. Hoyt. *Contessa-Nettel Deckrullo Stereo Tropical*. Contessa.pdf, <http://www.clickondavid.com/images/contessa.pdf>, [προσπ. 10/2009].
21. Donald E. Simanek. *The cha-cha method*. Shifty methods for taking stereo 3d-pictures, <http://www.lhup.edu/~dsimanek/3d/stereo/shifty.htm>, [προσπ. 09/2009].
22. Dr Frank Di Marzio. *The Di Marzio equation for stereography*. [http://nzphoto.tripod.com/stereo/3dtake/Di\\_Marzio\\_Equation\\_Technical\\_Web.pdf](http://nzphoto.tripod.com/stereo/3dtake/Di_Marzio_Equation_Technical_Web.pdf), [προσπ. 02/2010].
23. Dr Nick Holliman. *Benefits of 3D images*. Binocularity.org, <http://www.binocularity.org/page14.php>, [προσπ. 09/2009].
24. Everett H.Ortner. *3D pictures*. Popular Science magazine, IouV. 1982, σ. 27-28.
25. Farlander BBC 02/2004. *Holography*. 3D Stereograms, <http://www.bbc.co.uk/dna/h2g2/A2307269>, [προσπ. 02/2010].
26. Farlander BBC 02/2004. *Single image stereogram*. 3D Stereograms, <http://www.bbc.co.uk/dna/h2g2/A2307269>, [προσπ. 02/2010].
27. Florin Troaca. *Motorola Unique Concept with Stereo Camera*. 15/03/2008, <http://news.softpedia.com/news/New-Motorola-Unique-Concept-With-Stereo-Camera-80988.shtml>, [προσπ. 07/2010].
28. Fritz G. Waack. *“General requirements for the stereo picture”*. Stereoscopia.com –The Library: Stereo Photography, παράγραφος 3. 1, <http://www.stereoscopia.com/library/waack-ch-4.html>, [προσπ. 12/2009].
29. Fritz G. Waack. *Stereo photography – a little history*. Stereoscopia.com, The Library: Stereo Photography, <http://www.stereoscopia.com/library/waack-ch-2.html>, [προσπ. 10/2009].
30. FullHD.gr. *NXP 3D επεξεργαστής εικόνας*. Philips 3D TV 2010, 15/12/2009, <http://www.fullhd.gr/2008-03-09-23-01-42/3d-tv/2009-12-16-08-32-17/2783-philips-3d-tv-2010-.html>, [προσπ. 07/2010].
31. G. Neukum<sup>1,4</sup>, R. Jaumann<sup>2</sup> and the HRSC Co-Investigator and Experiment Team<sup>3</sup>. *HRSC: the High Resolution Stereo Camera of Mars Express*. <http://sci.esa.int/science-e/www/object/doc.cfm?fobjectid=34967>, [προσπ.02/2010].
32. Gary Schacker. 3D Photo Viewer. <http://www.cycloptial3d.com/DigitalStereoscope.html>, [προσπ.05/2010].
33. Gaston Tissandier, J. Thomson. *A history and handbook of photography*. Arno press, London, 1876.

34. George Clement Boase. *Claudet, Antoine Francois Jean* .Scientific Review, August 1868, Proceedings of Royal Soc. of London.
35. George Eastman House. *Film*. Notes on Photographs, <http://notesonphotographs.eastmanhouse.org/index.php?title=Film>, [προσπ.11/2009].
36. Glenn Kennel. *Color and Mastering for Digital Cinema*. Fokal press, Elsevier Καναδάς, 2007.
37. Gordon Goldsborough. *Manitoba in 3D*. <http://www.mhs.mb.ca/docs/features/manitoba3d/index.shtml#anaglyphs>, [προσπ.10/2009].
38. Gregg E. Favalora. *Volumetric 3D Displays and Application Infrastructure*. Parellel/cross-eyed 3d view, IEEE computer Society 2005, [http://www.greggandjenny.com/gregg/IEEE\\_Computer\\_Favalora.pdf](http://www.greggandjenny.com/gregg/IEEE_Computer_Favalora.pdf), [προσπ.07/2010].
39. Gunnar. *i-AMP 3D lens*. Gummar Optics- Technology, [http://www.gunnars.com/technology/technology\\_3D.php](http://www.gunnars.com/technology/technology_3D.php), [προσπ.08/2010].
40. Haldun M. Ozaktas\_ Levent Onural. *Three-Dimensional Television*. Springer-Verlag, Berlin, 2008.
41. Heather R. Filippini\_ Martin S. Banks. *Limits of stereopsis explained by local cross-correlation*. Journal of Vision, τεύχος 9, 2009.
42. Herbert C. McKay. *Three-dimensional photography*. Stratford press, Νέα Υόρκη, 1953.
43. <http://books.google.gr/books?id=EcgsZdYZijMC&pg=PA27&dq=NIMSLO&cd=1#v=onepage&q=NIMSLO&f=true>, [προσπ. 10/2009].
44. [http://en.wikisource.org/wiki/Claudet,\\_Antoine\\_Fran%C3%A7ois\\_Jean\\_%28DNB00%29](http://en.wikisource.org/wiki/Claudet,_Antoine_Fran%C3%A7ois_Jean_%28DNB00%29), [προσπ. 01/2010].
45. Hugh Honour\_ John Fleming (1982), *Ιστορία της Τέχνης*, μτφ. Ανδρέας Παππάς, Εκδόσεις Υποδομή, Αθήνα, 1991.
46. International Stereoscopic Union. *Making a Start in Stereo*. <http://www.isu3d.org/>, [προσπ. 02/2010].
47. James D. Westwood, (et.al), *Medicine Meets Virtual reality 02/10*, Εκδόσεις IOS, Άμστερνταμ, 2002.
48. Jayesh Limaye. *In Pursuit of 3D*. Techtree.com India > features> In Pursuit of 3D, [http://www.techtree.com/India/Features/In\\_Pursuit\\_of\\_3D/551-104000-899-5.html](http://www.techtree.com/India/Features/In_Pursuit_of_3D/551-104000-899-5.html), [προσπ. 01/2010].
49. John Bercovitz. Maximum depth in stereo photography. Steroscopy.com, <http://www.angelfire.com/ca2/tech3d/images/maofdexpl.doc>, [προσπ. 04/2010].
50. John Hannavy. *Encyclopedia of nineteenth-century photography*. Taylor and Francis Group, LLC, NY, Τόμος 1, 2008.

51. John Hopkins medicine. *What is Stereotactic Radiosurgery*. <http://www.radonc.jhmi.edu/radiosurgery/treatmentoptions/stereotacticradiosurgery.html>, [προσπ. 02/2010].
52. John Simon\_ Werner,Leo\_ M. Chalupa. *The visual neurosciences.*, Massachusetts Institute of technology, Τόμος 1,( n.d.).
53. John Wattie. How to make anaglyphs in Photoshop. Making red/cyan and amber/blue (Color code) anaglyphs, 09/02/07, [http://nzphoto.tripod.com/sterea/anaglyph\\_make.html](http://nzphoto.tripod.com/sterea/anaglyph_make.html), [προσπ. 04/2010].
54. Julious B.Kaiser. *Make your own stereo pictures*. ηλεκτρονικό αντίγραφο 01/2010. πρώτη έκδοση 1955, US.
55. Keigo Iizuka. *Engineering optics*. Springer Science, 2008, 3<sup>η</sup> έκδοση.
56. Kenneth S. Tydings. *The Stereo Realist Guide*. εκδόσεις GREENBERG, New York, Πέμπτη έκδοση, Ιούλιος 1953.
57. Laroussi Bouguila\_ Masahiro Ishii and Makoto Sato, *Effect of Coupling Haptics and Stereopsis on Depth Perception in Virtual Environment*. laroussi@pi.titech.ac.jp
58. Laura J. Snyder. *William Whewell*. (Stanford Encyclopedia of Philosophy), 1<sup>η</sup> δημοσίευση 2000, ηλεκτρονικό αντίγραφο 11 Οκτ. 2006, <http://www.science.uva.nl/~seop/entries/whewell/>, [προσπ. 01/2010].
59. Lenny Lipton. *Foundation of the stereoscopic cinema, a study in depth*. Van Nostrand electronic copyright 1982.
60. Lenny Lipton. *The Stereoscopic Cinema*. SMPTE Journal, September 2001, <http://www.videotechnology.com/3d/SMPTE.PDF>, σ. 590, [προσπ. 07/2010].
61. Malcom Daniel, The Metropolitan Museum of Art, *Daguerre (1787–1851) and the Invention of Photography*, [http://www.metmuseum.org/toah/hd/dagu/hd\\_dagu.htm](http://www.metmuseum.org/toah/hd/dagu/hd_dagu.htm), [προσπ. 01/2010].
62. Malcom Daniel. The Metropolitan Museum of Art. William Henry Fox Talbot (1800–1877) *and the Invention of Photography*, [http://www.metmuseum.org/toah/hd/tlbt/hd\\_tlbt.htm](http://www.metmuseum.org/toah/hd/tlbt/hd_tlbt.htm), [προσπ. 01/2010].
63. Martin Pare. *The visual system visual perception*. Visual Perception lecture, <http://brain.phgy.queensu.ca/pare/assets/Visual%20Perception%20lecture.pdf>, [προσπ. 09/2009].
64. Masuji Suto, *StereoPhoto Maker*, <http://www.stereomaker.net/eng/stphmkr/index.html>, [προσπ. 12/2009].
65. Matthew Hirsch\_ Douglas Lanman\_ Henry Holtzman\_ Ramesh Raskar. *BiDi screen*. ACM Trans. Graph., 2009, τεύχος 28-5, <http://web.media.mit.edu/~mhirsch/bidi/>, [προσπ. 08/2010].
66. Michael Kaplan. *Stereo Photography for Architecture*. 4 Ιουλίου 2003, πρώτη εμφάνιση, The Art Book, Ιούλιος 2001, [http://www.architectureweek.com/2003/0604/culture\\_1-1.html](http://www.architectureweek.com/2003/0604/culture_1-1.html), [προσπ. 09/2009].

67. Michael R. Peres. *The Focal encyclopedia of photography*. Elsevier ink, 2007, 4<sup>η</sup> έκδοση.
68. MicroVision Optical 3D. <http://www.mvo3d.com/>, [προσπ. 08/2010].
69. Nicholas Wade\_ Benjamin W. Tatler. *The moving tablet of the eye: the origins of modern eye movement research*. Oxford university press, 2005.
70. Nick Joyce and David Baker. *Stereoscopes: Straddling the Line Between Life and Lab*. APS Observer – The History Corner, <http://www.psychologicalscience.org/observer/getArticle.cfm?id=2428>, [προσπ. 11/2009].
71. Ning Qian. *Center for Neurobiology and Behavior*. Copyright, 1997 by Cell Press, Neuron, Stereo-Review, Vol. 18, 359–368, March, 1997, <http://brahms.cpmc.columbia.edu/publications/stereo-review.pdf>, [προσπ.09/2009].
72. Nintendo. 3DS. Nintendo E3 Network, <http://e3.nintendo.com/3ds/>, [προσπ. 08/2010].
73. Oliver Bimber\_ Ramesh Raskar. *Spatial augmented reality*. AK Peters, Cambridge, MA, 2005.
74. P. Hammel, J. Physiol (1971). *Chromatic sensitivity and spatial organization of cat visual cortical cells: cone-rod interaction*. *Jphysiol* 01032-0216.pdf, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1331772/pdf/jphysiol01032-0216.pdf>, [προσπ. 09/2009].
75. Pam Stephan, Stereoscopic Digital Mammograms – Three-Dimensional Breast Screening, [http://breastcancer.about.com/od/mammograms/tp/stereo\\_digital\\_mammo.htm](http://breastcancer.about.com/od/mammograms/tp/stereo_digital_mammo.htm), [προσπ. 03/2010].
76. Pdf manuals. Nimslo\_guide\_to\_the\_3d\_camera. Pdf. [http://www.cameramanuals.org/pdf\\_files/nimslo\\_guide\\_to\\_the\\_3d\\_camera.pdf](http://www.cameramanuals.org/pdf_files/nimslo_guide_to_the_3d_camera.pdf), σ.6, [προσπ. 12/2009].
77. Peter O. Bishop. Edited by Larry R. Squire, 1996 , *The History of Neuroscience in Autobiography*. Volume 1, by the Society for Neuroscience, Washington, [http://www.sfn.org/skins/main/pdf/history\\_of\\_neuroscience/hon\\_vol\\_1/c3.pdf](http://www.sfn.org/skins/main/pdf/history_of_neuroscience/hon_vol_1/c3.pdf), [προσπ. 09/2009].
78. Pierre Meindre. *stereo base calculator*. Base Calc- A free pocket sized stereo base calculator, <http://pmeindre.free.fr/BaseCalc.html>, [προσπ. 11/2009].
79. QnA. *3D Film Cameras and Attachments*. 3D Concepts, 3D 35mm film cameras, <http://www.stereoscopy.com/3d-concepts/camerafilm.html>, [προσπ. 10/2009].
80. R.L. Carter, *DYCAM MODEL 1 / Logitech FotoMan – 1990*, <http://www.digicamhistory.com/1990.html>, [προσπ. 07/2010].
81. Ralph Siegel. *Professor Emeritus Bela Julesz*. Office of Media Relations, <http://ur.rutgers.edu/medrel/viewArticle.html?ArticleID=3697>, [προσπ. 09/2009].
82. Ray Zone. *Stereoscopic cinema & the origins of 3-D film. 1838-1952*, University press of Kentucky, 2007.



83. Richard D. Zakia. *Perception and imaging*, Focal press. 2<sup>η</sup> έκδοση, US, 2002.
84. Richard Seyler Ling. *The mobile connection*. Elsevier, USA, 2004.
85. Robert Burtch. *HISTORY OF PHOTOGRAMMETRY*. 24/08/2008, <http://www.ferris.edu/faculty/burtchr/sure340/notes/history.pdf>, [προσπ. 10/2009].
86. Ron Sims. *Mechanical Visual Aids in the Study of Medicine: Stereoscopes and View-Masters*. Galter Health Sciences Library News, 17 Μαΐου 2007, <http://www.galter.northwestern.edu/news/index.cfm/2007/5/17/Mechanical-Visual-Aids-in-the-Study-of-Medicine-Stereoscopes-and-ViewMasters>, Galter Health Sciences Library, [προσπ. 11/2009].
87. Ronald B. Rabbetts. *Clinical Visual Optics*. Butterworth-Heinemann, τρίτη έκδοση, 1998.
88. Rutgers University. *Dr. Bela Julesz*. <http://ruccs.rutgers.edu/zeus/julesz.html>, [προσπ. 09/2009].
89. S L Ezekiel Tan. *Orthopaedic applications*. <http://www.orthostereo.com/orthopaedics.html>, [προσπ. 01/2010].
90. S L Ezekiel Tan. *stereoscopic radiology*. <http://www.orthostereo.com/stereoscopicradiology.html>, [προσπ. 01/2010].
91. Samsung. 3d tv warning.pdf, <http://www.samsung.com/au/tv/pdf/3D-tv-warning.pdf>, [προσπ. 07/2010].
92. Satoshi Maekawa\_ Sandor Markon. Floating Touch Display for Interfacing with Floating Images. A Wireless Communication System Prototype for Dynamic Spectrum Sharing Developed by NICT, [http://www2.nict.go.jp/pub/whatsnew/press/h21/090415/090415-3\\_e.html](http://www2.nict.go.jp/pub/whatsnew/press/h21/090415/090415-3_e.html), [προσπ. 08/2010].
93. Schawn Jasmann\_ Greg Andonian. *Architecture and the stereoscopic space of experience*. School of Architecture, Carleton University, Ottawa, Canada, [http://cumincades.scix.net/data/works/att/sigradi2003\\_140.content.pdf](http://cumincades.scix.net/data/works/att/sigradi2003_140.content.pdf), [προσπ. 09/2009].
94. Scott B. Steinman\_Barbara A. Steinman\_Ralph Philip Garzia. *Foundations of binocular vision: a clinical perspective*. McGraw-Hill Companies, USA, 2000.
95. Sergey Shestak\_ Dae-Sik Kim\_ Kyung-Hoon Cha\_ Sang-Moo Park and Seon-Deok Hwang. *Illumination & Displays*. 12 June 2009, SPIE Newsroom, <http://spie.org/x35370.xml?ArticleID=x35370>, [προσπ. 07/2010].
96. Sharp news. 09/2002, *Sharp Announces the Start of 3D Display Manufacture*. Sharp Laboratories of Europe. <http://www.sle.sharp.co.uk/news/newsitem.php?newsid=111>, [προσπ. 08/2010].
97. Sharp news. 12/2002, *NTT DoCoMo introduces a new phone with 3d display*. Sharp Laboratories of Europe, <http://www.sle.sharp.co.uk/news/newsitem.php?newsid=132>, [προσπ. 08/2010].
98. Sharp. *3D camera module*. Sharp Develops 3D camera. [http://www.sharp-world.com/corporate/g\\_topix/3d-camera/](http://www.sharp-world.com/corporate/g_topix/3d-camera/), [προσπ. 08/2010].
99. Sony. *Nex-3D*. Nex-3D (Nex3D): Φωτογρ. Μηχανές& βιντεοκάμερες;Sony, <http://www.sony.gr/product/dsb-nex-3/nex-3d#pageType=Overview>, [προσπ. 08/2010].

100. Stephen Herbert. *History of pre-cinema*. Routledge, London, Τόμος 2, 2<sup>η</sup> έκδοση, 2001.
101. Stereo Google Earth. <http://stereo.jpn.org/geo/stereoeearth.html>, [προσπ. 08/2010].
102. Stereo-Realist PDF manual. [http://www.cameramanuals.org/pdf\\_files/stereo-realist03.pdf](http://www.cameramanuals.org/pdf_files/stereo-realist03.pdf), [προσπ. 11/2009].
103. Stereoscopia.com Fag. *Anaglyphs*. <http://www.stereoscopia.com/faq/anaglyphs.html>, [προσπ. 01/2010].
104. Steven Otfinoski. *Television*. Marshal Cavendish, Κίνα, 2007.
105. Suzanne Kantra. *3D Laser Show, Popular science magazine*. τεύχος Νοεμ. 1992.
106. Sylvain Roques. *How to make 3D-pictures by computer*. [http://www.arts.rpi.edu/~ruiz/stereo\\_history/Howtomake3D.htm](http://www.arts.rpi.edu/~ruiz/stereo_history/Howtomake3D.htm), [προσπ. 08/2010].
107. Takashi Sekitani. *Stereo Calc*. Stereo Base Calculator, [http://www.stereoeye.jp/software/sbcalc\\_e.html](http://www.stereoeye.jp/software/sbcalc_e.html), [προσπ. 11/2009].
108. The 3d revolution. *3D TV*. 3D Revolution Production, <http://www.the3drevolution.com/3dtv.html>, [προσπ. 02/2010].
109. The 3d revolution. *Frame boundaries*. How a 3d movie is made, <http://www.the3drevolution.com/3dscreen.html>, [προσπ. 10/2009].
110. The new York Times. *An atlas of the human Body*. [http://www.nytimes.com/slideshow/2008/04/21/science/Bassett\\_index.html](http://www.nytimes.com/slideshow/2008/04/21/science/Bassett_index.html), [προσπ. 01/2010].
111. TVhistory.TV, 2001-2009, *Television History - The First 75 Years*, <http://www.tvhistory.tv/pre-1935.htm>, [προσπ. 12/2009].
112. Video interview with Steve Sasson. Photo week Steve Sasson Video, [http://www.kodak.com/global/mul/corp/chq/sasson\\_video.html](http://www.kodak.com/global/mul/corp/chq/sasson_video.html), 07/2010.
113. Waldemar Karwowski. *International encyclopedia of ergonomics and human factors*. CRC press, Νέα Υόρκη, Τόμος 1, 2006.
114. Webmaster. *3d VuCam StereoScopic Imaging System*. Steroscopia.com 3D- News: Achive, <http://www.stereoscopia.com/news/news-archive-8-2006.html>, [προσπ. 01/2010].
115. Webmaster. *Digital Stereoscopic Panorama Camer*. Steroscopia.com- 3D –News: Archive, <http://www.stereoscopia.com/news/news-archive-9-2002.html>, [προσπ. 07/2010].
116. Webmaster. *Fujifilm launch a pioneering digital "Real 3D System" that lets you enjoy incredible 3D images with the naked eye*. Steroscopia.com 3D- News: Achive, <http://www.stereoscopia.com/news/news-archive-8-2009.html>, [προσπ. 01/2010].
117. Webmaster. *Where to find 3D*. Steroscopia.com 3D –News: Archive, <http://www.stereoscopia.com/news/news-archive-9-2008.html>, [προσπ. 01/2010].
118. Wolfgang Wieser. *Parallel/cross-eyed 3d view*. <http://www.triplespark.net/render/stereo/pview.html>, [προσπ. 05/2010].
119. Worldwide co, products, <http://www.npw.co.uk/search.html?q=3d&submit-form.x=0&submit-form.y=0>, [προσπ. 08/2010].

120. Άρνασον Η.Η. *Ιστορία της σύγχρονης τέχνης*. μτφ. Φώτης Κοκαβέστης, επιμέλεια-Μιλτιάδης Παπανικολάου, 2<sup>η</sup> έκδοση Επίκεντρο, Αθήνα, 2006.
121. Βασίλης Γιαννακόπουλος, Δρ. Δασολόγος, *Εφαρμογές Φωτογραμμετρίας*, [http://users.auth.gr/~vgian/download/ph\\_gram.pdf](http://users.auth.gr/~vgian/download/ph_gram.pdf), [προσπ. 08/2010].
122. Βασιλική Χερουβείμ. *Στερεοσκοπική Φωτογραφία*. Πτυχιακή εργασία ΤΕΙ Αθήνας, Δρ Αθανάσιος Αραβαντινός, τμήμα Φωτογραφίας, Νοέμβρης 2000.
123. Διαφημιστικό video Microsoft technologies. Microsoft – future 2009-Video, [http://www.metacafe.com/watch/2566445/microsoft\\_future\\_2019/](http://www.metacafe.com/watch/2566445/microsoft_future_2019/), [προσπ. 07/2010].
124. Διαφημιστικό video για hitachi Stereo camera. Hitachi Theater, <http://www.film.hitachi.jp/en/movie/movie752.html>, [προσπ. 05/2010].
125. Επίσημη ιστοσελίδα της σειράς βιβλίων magic eye ink. *3D Viewing instructions*. [http://www.magiceye.com/faq\\_example.htm](http://www.magiceye.com/faq_example.htm), [προσπ. 02/2010].
126. Ινστιτούτο Πολιτιστικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας. Σχήμα από Στερεοσκοπική φωτογράφιση ( Στερεοφωτογράφιση). [http://www.ipet.gr/digitech2/index.php?option=com\\_content&task=view&id=63&Itemid=53](http://www.ipet.gr/digitech2/index.php?option=com_content&task=view&id=63&Itemid=53), [προσπ. 11/2009].
127. Κατερίνα Χαρατζοπούλου. *Εικονική πραγματικότητα και πολιτιστική κληρονομιά*. Αρχαιολογία και τέχνες, Τεύχος 97, 2005, σ. 118-120, [http://www.arxaiologia.gr/assets/media/PDF/migrated/97\\_118-120.pdf](http://www.arxaiologia.gr/assets/media/PDF/migrated/97_118-120.pdf), [προσπ. 01/2010].
128. Κουρνιατή Α.Μ. *Οπτική του Ευκλείδη και Καμπυλόμορφη Αντίληψη του Χώρου*. Τεχν. Χρον. Επιστ. Εκδ. ΤΕΕ, ΙΙ, τεύχ. 1-2, 1999.
129. Κουρνιατή Α.Μ. *Σημειώσεις μαθήματος Γεωμετρία και ολογραφία*. Σχολή αρχιτεκτόνων ΕΜΠ <http://courses.arch.ntua.gr/111517.html>, [προσπ. 12/2009].
130. N. J. Wade. *A Natural History of Vision*. Massachusetts Institute of Technology, USA, second printing, 1999.
131. Τζωρτζάκη Μαρία. *Η Φωτογράφιση στο πολωτικό μικροσκόπιο*. Πτυχιακή εργασία, Τ.Ε.Ι. Αθήνας, Εισηγητής: Δρ. Αθανάσιος Αραβαντινός, 11/2004, σ. 34-35.



