

## Τρισδιάστατη τηλεόραση (3DTV): Παλιές τεχνολογίες για το μέλλον



του Γιώργου Τριανταφυλλίδη

Η ιστορία της τρισδιάστατης τηλεόρασης (3DTV) είναι σχεδόν τόσο παλιά όσο και η ίδια η τηλεόραση. Ωστόσο, κάποιοι παράγοντες και κυρίως κάποιες τεχνολογικές δυσχέρειες, οδήγησαν την 3DTV να μην είχε την ανάπτυξη και την επικράτηση στην αγορά που θα περίμενε κανείς. Αλλά αυτό φαίνεται να αλληιάζει στις μέρες μας.

Η μετάδοση και απεικόνιση 3D εικόνων, έχει ήδη παρουσιαστεί πολλές φορές σε ταινίες επιστημονικής φαντασίας. Αυτό ακριβώς το "όραμα" για την 3DTV που είδαμε στον κινηματογράφο μπορεί να μας δώσει έναν ορισμό της 3DTV ως ένα υψηλής ποιότητας τρισδιάστατο (3D) οπτικό αντίγραφο, με διαφορές οπτικά δυσδιάκριτες από το πρωτότυπο (εκτός ίσως τις διαφορές σε μέγεθος). Οι εικόνες της 3DTV θα

υπάρχουν στο χώρο μέσα από ένα σύστημα απεικόνισης, το οποίο θα δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να βλέπουν τη σκηνή από όποια γωνία θέλουν ή ακόμη και να περπατούν μέσα στη σκηνή (εικόνα 1). Βάση αυτού του ορισμού αμέσως γίνεται κατανοητή η διαφορά της 3DTV με την απλή στερεοσκοπική 3D όραση και τον κινηματογράφο.

As πάρουμε όμως τα πράγματα από την αρχή: Μια τηλεόραση, είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα που απαιτεί τη δέσμευση μιας σκηνής, την μετατροπή της σε σήμα, τη μεταφορά του σήματος και τέλος την έκθεσή του σε ένα υποσύστημα απεικόνισης – αυτό ακριβώς ισχύει και στα 3DTV συστήματα. Τα πρόσφατα σημαντικά επιτεύγματα στον τομέα της έρευνας και ανάπτυξης στην

τεχνητή όραση και οι καινοτόμες εφαρμογές τους δημιούργησαν ένα θετικό κλίμα και μεγάλο ενδιαφέρον για την τεχνολογία της 3DTV. Από τεχνολογική άποψη αυτό το ενδιαφέρον περιλαμβάνει βελτιώσεις στις τεχνολογίες που συμμετέχουν στην αλυσίδα της 3DTV όπως σύλληψη της 3D σκηνής, αναπαράσταση, κωδικοποίηση/μετάδοση, μετατροπή του σήματος και απεικόνιση (εικόνα 2).

Ο βασικός ανθρώπινος αισθητήρας είναι το οπτικό



Εικόνα 1: Ο στόχος της 3DTV (πηγή 3DTV Network of Excellence)



Εικόνα 2:  
Η αλυσίδα της 3DTV

του σύστημα, το οποίο αναπτύχθηκε εξ αρχής ως ένα 3Δ σύστημα συμπεριλαμβανοντας τις δύο διαστάσεις και το βάθος. Κανένας άνθρωπος δεν χρησιμοποιεί στη ζωή του διδιάστατη (2Δ) όραση. Είναι προφανές ότι όλα τα οπτικά μοντέλα σε όλες τις επιστήμες είναι τρισδιάστατα. Συνεπώς, είναι πολύ σημαντική και κρίσιμη η μετάβαση στην 3Δ αναπαράσταση του οπτικού μας κόσμου που θα δώσει μια νέα δυναμική και εφαρμογές στην τεχνητή όραση.

Είναι ενδιαφέρον ότι η 3Δ όραση έχει προκαλέσει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας για πάνω από έναν αιώνα. Το κοινό είχε ενθουσιαστεί από τα 3Δ στερεογράμματα του 19ου αιώνα (εικόνα 3), από τις 3Δ ταινίες της δεκαετίας του 1950, από την ολογραφία στη δεκαετία του 1960 και από τα 3Δ γραφικά υπολογιστών και την εικονική πραγματικότητα (VR) σήμερα. Η 3Δ τεχνολογία πάντα κέντριζε το ενδιαφέρον και την προσοχή του κοινού και της

αγοράς.

Μόλις η φωτογραφία και το video εφευ-



Εικόνα 3: Συσκευή 3Δ στερεογραμμάτων του 19ου αιώνα



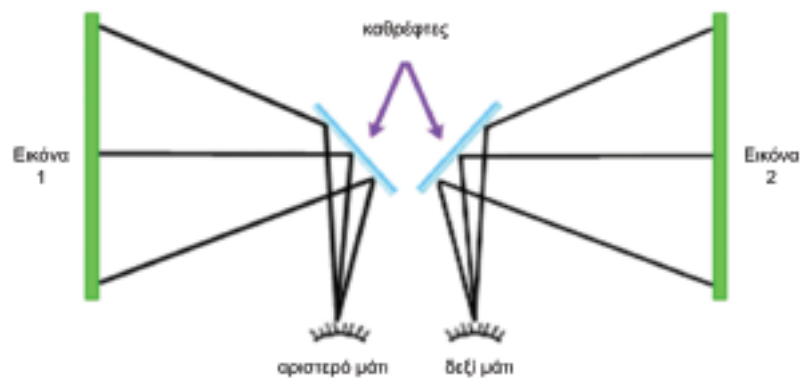
Εικόνα 4: Ταινίες σε 3Δ της δεκαετίας του 1950

ρέθηκαν, η στερεοσκοπική 3D όραση ακολούθησε αμέσως. Είναι γνωστό ότι μια συσκευή από καθρέφτες χρησιμοποιούνταν το 1838 για να δώσει 3D στερεοσκοπικές εικόνες. Το 1844 η στερεοσκοπική θέαση ήταν πολύ δημοφιλής στην Ευρώπη και την Αμερική. Παρομοίως, το 3D στερεοσκοπικό video αναπτύχθηκε αμέσως μετά την εφεύρεση του 2D video: η ιδέα του στερεοσκοπικού σινεμά εμφανίστηκε στις αρχές του 1900 και η στερεοσκοπική τηλεόραση προτάθηκε στα 1920. Το 1950 οι στερεοσκοπικές ταινίες ήταν πολύ δημοφιλείς. Στις μέρες μας οι κινηματογράφοι IMAX, οι πρώτες πιλοτικές εκπομπές στερεοσκοπικής τηλεόρασης και άλλες παρόμοιες εφαρμογές αποδεικνύουν το συνεχιζόμενο ενδιαφέρον για την 3D όραση.

Η ιδέα της τεχνητής **στερεοσκοπικής όρασης** είναι απλή και βασίζεται στο ανθρώπινο οπτικό σύστημα: Ο άνθρωπος, για την οπτική αντίληψη του βάθους και της απόστασης, είναι προικισμένος με την ικανότητα της στερεοσκοπικής όρασης. Όταν παρατηρούμε κάτι και με τα δυο μας μάτια και αυτό βρίσκεται σε σχετικά κοντινή απόσταση, τότε είμαστε σε θέση να αντιληφθούμε τόσο την απόστασή του από εμάς, όσο και τη θέση και μορφή του στο χώρο. Αυτό επιτυγχάνεται από μια απλή για τον εγκέφαλό μας διαδικασία, κατά την οποία οι δύο σχετικά διαφορετικές δισδιάστατες εικόνες από το κάθε μας μάτι, συνδυάζονται σε μια πλήρη τρισδιάστατη εικόνα του περιβάλλοντος χώρου. Όσο πιο κοντά μας βρίσκεται ένα αντικείμενο, τόσο περισσότερο μεγαλώνει η διαφορά στην οπτική γωνία παρατήρησης του από το

κάθε μάτι και συνεπώς, τόσο πιο μεγάλες είναι οι διαφορές μεταξύ της εικόνας του αντικειμένου όπως αυτή σχηματίζεται στο δεξί και αριστερό οφθαλμό αντίστοιχα. Αντιθέτως, όταν το αντικείμενο απομακρύνεται από εμάς, οι διαφορές αυτές γίνονται ολόένα και πιο μικρές.

Αυτήν ακριβώς τη λειτουργία προσπαθεί να μιμηθεί ένα σύστημα στερεοσκοπικής όρασης με την παραγωγή 2 καναλιών video από 2 διαφορετικές κάμερες που προσομοιώνουν τη θέση των ματιών και κοιτούν τη σκηνή με διαφορετική γωνία. Στη συνέχεια το ένα κανάλι απεικονίζεται στο αρι-



Εικόνα 5: Το πρώτο σύστημα τεχνητής στερεοσκοπίας

στερό μάτι και το άλλο κανάλι στο δεξί μάτι.

**Η στερεοσκοπία επιτυγχάνεται με τεχνολογίες που χρησιμοποιούν ειδικά γυαλιά όπως:**

- **Γυαλιά μπλε-κόκκινων φακών:** Φορώντας ένα ζευγάρι γυαλιών με ένα μπλε και ένα κόκκινο φακό (για το δεξί και αριστερό μάτι αντίστοιχα) και παρουσιάζοντας ταυτόχρονα (με μια οποιαδήποτε συσκευή δισδιάστατης έγχρωμης απεικόνισης) την εικόνα που προορίζεται για το δεξί μάτι χρωματισμένη μπλε, ενώ αυτή για το αριστερό κόκκινη, είναι εφικτό να καταστεί η μια από τις δύο εικόνες αόρατη για το άλλο μάτι και έτσι να επι-

τευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα της στερεοσκοπικής απεικόνισης.

- **Γυαλιά με αντίθετα πολωμένους φακούς:** Το φως που εκπέμπεται από μια πηγή φωτός, όπως τον ήλιο ή ένα λαμπτήρα, ταλαντεύεται προς όλες τις κάθετες προς τη διάδοσή του διευθύνσεις. Όταν το φως περάσει από ένα πολωμένο φακό, η ταλάντωσή του αποκτά διεύθυνση παράλληλη προς τον προσανατολισμό της πόλωσης του φακού και έτσι λήμει το φως αυτό πολωμένο. Όταν το πολωμένο φως συναντήσει ένα πολωμένο φακό, του οποίου η πόλωση είναι κάθετα προσανατολισμένη



σε μια διαστάση προβολή.

- **Γυαλιά ηλεκτρονικού διαφράγματος υγρών κρυστάλλων (LCD shutter glasses):** Είναι ειδικά γυαλιά τα οποία χρησιμοποιούν για φακούς ένα ζεύγος ηλεκτρονικά ελεγχόμενων διαφραγμάτων φωτός τύπου LCD. Τα διαφράγματα αυτά είναι μεταξύ τους συγχρονισμένα ώστε όταν το ένα είναι ανοιχτό και επιτρέπει τη διέλευση του φωτός, το άλλο να είναι κλειστό και να την εμποδίζει. Όταν αυτά τα γυαλιά λειτουργούν σε συγχρονισμό με μια οθόνη, στην οποία απεικονίζονται εναλλάξ και με ρυθμό



**Εικόνα 6:** Ειδικά γυαλιά για στερεοσκοπική όραση: α) Γυαλιά μπλε-κόκκινων φακών, β) Γυαλιά με αντίθετα πολωμένους φακούς, γ) Γυαλιά LCD, δ) HMD

σε σχέση με αυτή του πολωμένου φωτός, τότε το φως δε μπορεί να διέλθει μέσα από τον φακό αυτό. Βάση αυτής της ιδιότητας του φωτός, όταν πολωθεί το φως που εκπέμπεται από δυο συσκευές προβολής, οριζόντια και κάθετα αντίστοιχα και στη συνέχεια προβληθεί στο ίδιο σημείο, τότε φορώντας ένα ζευγάρι γυαλιών με φακούς οριζόντιας και κάθετης πόλωσης, θα είμαστε σε θέση να αντιληφθούμε από το κάθε μάτι την εικόνα με την αντίστοιχη πόλωση. Συνεπώς, προβάλλοντας τις κατάλληλες εικόνες, είναι εφικτό να αποδοθεί η επιθυμητή τρίτη διάσταση

τουλάχιστον 50 φορές το δευτερόλεπτο οι εικόνες που αναλογούν στο δεξί και αριστερό μάτι αντίστοιχα, τότε είναι εφικτό να επιτευχθεί έγχρωμη στερεοσκοπική απεικόνιση.

- **Προσαρτημένες επί της κεφαλής οθόνες (HMD – Head Mounted Display):** Είναι συσκευές που φοριούνται στο κεφάλι, όπως διόπτρες και κράνη, οι οποίες φέρουν μια μικρή οθόνη για κάθε μάτι. Η κάθε μια από τις οθόνες αυτές είναι εφικτό να τροφοδοτηθεί με ανεξάρτητη εικόνα και έτσι να επέλθει το απαιτούμενο αίσθημα του βάθους.

Αν και η τεχνολογία της στερεοσκοπίας είναι αρκετά απλή, η ανάγκη να φοράς ειδικά γυαλιά για να δεις το στερεοσκοπικό σήμα είναι ένα πολύ σημαντικό μειονέκτημα στην επικράτηση της 3DTV. Και αυτό γιατί σε πολλές περιπτώσεις, ακόμη και λίγα λεπτά τεχνητής στερεοσκοπικής όρασης κουράζουν το μάτι και δημιουργούν ένα πολύ ενοχλητικό αίσθημα ζαλάδας που οφείλεται στην προσπάθεια του εγκεφάλου να αναλύσει τις διαφορετικές εικόνες που τεχνητά λαμβάνει στο κάθε μάτι.



**Εικόνα 7:** Αφίσα από την επερχόμενη στερεοσκοπική ταινία Toy Story

Πηγή: ΤΑ ΝΕΑ, 10/4/2010

Πρόσφατα όμως με την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών, έχει επιτευχθεί να μειωθεί αυτό το αρνητικό φαινόμενο της τεχνητής στερεοσκοπίας, με ακόλουθο αποτέλεσμα την μεγάλη ανάπτυξη σχετικών εφαρμογών (πχ 3D κινηματογράφος – εικόνα 7).

Αν και η τεχνολογία της στερεοσκοπίας είναι γνωστή για πάνω από έναν αιώνα, υπάρχουν και άλλες τεχνολογίες 3D όρασης που είναι γνωστές για ακόμη περισσότερο καιρό. Χρησιμοποιώντας τη θεωρία

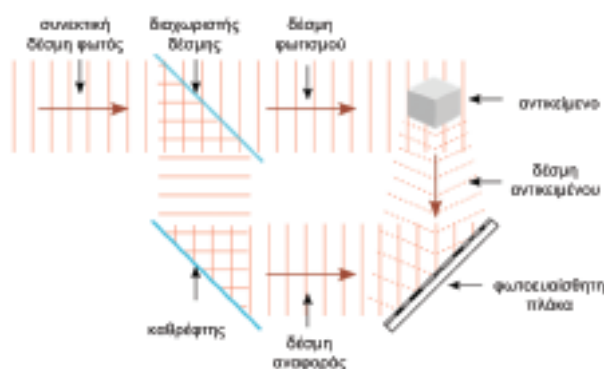
της οπτικής και της διάθλασης του φωτός από τα 1600, οι αρχές της ολογραφίας ανακαλύφθηκαν από τον Ουγγρικής καταγωγής Dennis Gabor το 1948 που τιμήθηκε για την ανακάλυψη αυτή με βραβείο Nobel. Η μέθοδος του Gabor παρέμεινε ανεκμετάλλευτη για πολλά χρόνια λόγω έλλειψης κατάλληλης μονοχρωματικής φωτεινής πηγής απαραίτητης για την εγγραφή του ολογραφήματος. Το 1962, μετά την ανακάλυψη των laser, προτάθηκε μια παραλλαγή της μεθόδου του Gabor και με τη χρήση laser έγινε εφικτή η δημιουργία τρισδιάστατων ειδώλων πολύπλοκων αντικειμένων. Στη συνέχεια ακολούθησαν τα ψηφιακά ολογράμματα και εμφανίστηκαν και οι αντίστοιχες κάμερες. Πειραματικές εκπομπές ολογραφικής τηλεόρασης παρουσιάστηκαν το 1989. Οι τελευταίες εξελίξεις σε αυτό το χώρο οδηγούν σε αποτελεσματικά ολογραφικά συστήματα 3DTV τηλεόρασης.

Πιο αναλυτικά, η ολογραφία, είναι μια τεχνική για την καταγραφή των φωτεινών κυμάτων που ανακλώνται από ένα αντικείμενο. Αποτέλεσμα της καταγραφής αυτής είναι το ολόγραμμα που όταν φωτισθεί με κατάλληλο τρόπο, αναπαράγει ένα ακριβές τρισδιάστατο είδωλο-αντίγραφο του αντικειμένου. Ο θεατής ενός ολογράμματος, έχοντας τη δυνατότητα παρατήρησης του ολογραφικού ειδώλου από διαφορετικές οπτικές γωνίες, δύσκολα διακρίνει το ολόγραμμα από το πραγματικό αντικείμενο. Η αίσθηση των τριών διαστάσεων επιτείνεται από τις ανακλάσεις του φωτός στην "επιφάνεια" του ολογραφικού ειδώλου, τις έντο-

νες φωτοσκιάσεις, την λεπτομερή απόδοση της επιφανειακής υφής των υλικών και από την οριζόντια και κατακόρυφη οπτική παράλληλα.

Άλλη μια τεχνολογία για 3D όραση είναι η **ενσωματωμένη όραση** (integral imaging) η οποία είναι γνωστή από το 1908 και στις μέρες μας θεωρείται ότι είναι υποψήφια για την επόμενη γενιά της 3DTV. Η ιδέα πίσω από αυτή την τεχνολογία βασίζεται στη σύλληψη πολλών 2D βασικών εικόνων ενός αντικειμένου ταυτόχρονα από πολλές γωνίες. Για την αναπαραγωγή προβάλλουμε οπτικά τις εικόνες στην ίδια γεωμετρική τοποθεσία του αντικειμένου. Η τεχνολογία της ενσωματωμένης όρασης είναι παρόμοια με αυτή της ολογραφίας, αφού και αυτή στοχεύει στη σύλληψη και αναπαραγωγή της κατανομής του φωτός. Διατάξεις από μικροφακούς χρησιμοποιούνται για αυτή τη σύλληψη και την αναπαραγωγή (εικόνα 9).

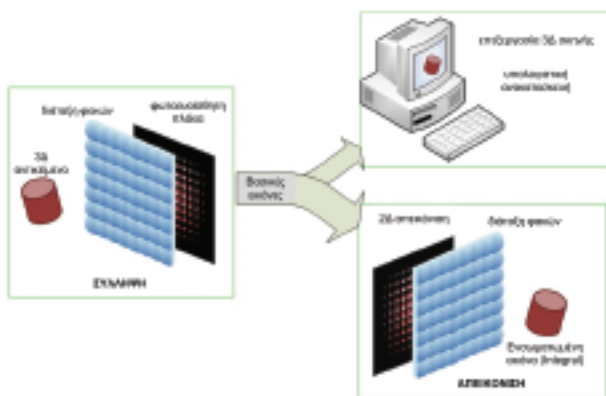
Αντιθέτως με τη στερεοσκοπία, η ολογραφία και η ενσωματωμένη όραση δεν βασίζονται στον μηχανισμό της ανθρώπινης όρασης, αλλά στην αρχή της αναπαραγωγής της κατανομής του φωτός στο



**Εικόνα 8:** Αρχή της ολογραφίας  
Πηγή: ΤΑ ΝΕΑ, 10/4/2010

χώρο χωρίς την παρουσία των αντικειμένων. Συνεπώς, η ποιότητα της παραγόμενης 3D σκηνής εξαρτάται από την επιτυχή αναπαραγωγή των ιδιοτήτων του αρχικού φωτός.

Τα τελευταία χρόνια οι επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις στο χώρο της αποθήκευσης και αναπαραγωγής της κατανομής του φωτός είναι σημαντικές και βελτιώνουν συνεχώς την ποιότητα της 3D απεικόνισης. Παρομοίως, το πρόβλημα της στερεοσκοπίας λύνεται και με την εξέλιξη των αυτοστερεοσκοπικών συστημάτων. Η **αυτοστερεοσκοπία** περιλαμβάνει μεθόδους απεικόνισης στερεοσκοπικών εικόνων χωρίς τη χρήση γυαλιών ή άλλου ειδικού εξοπλισμού από τη μεριά του θεατή.



**Εικόνα 9:** Αρχή της ενσωματωμένης όρασης (integral imaging)

Όπως φαίνεται από αυτή τη σύνοψη παρουσίαση, οι τεχνολογίες της 3D όρασης είναι γνωστές και χρησιμοποιούνται εδώ και πολύ καιρό. Δεν θα ήταν λάθος να ισχυριστεί κάποιος ότι οι 2D και 3D τεχνολογίες αναπτύχθηκαν παράλληλα. Ωστόσο, είναι σίγουρο ότι τουλάχιστον μέχρι σήμερα τα προϊόντα της 2D όρασης υποσκελίζουν τα αντίστοιχα προϊόντα της 3D όρασης. Οι λόγοι για αυτή την αποτυχία (μέχρι στιγμής τουλάχιστον) της 3D τεχνολογίας πρέπει να

αναζητηθούν στη συμπεριφορά των καταναλωτών και στην ωρίμανση της 3D τεχνολογίας που είναι πολύ πιο απαιτητική και δύσκολη από την 2D τεχνολογία όρασης.

Θα ήταν πολύ χρήσιμο λοιπόν να δούμε σε αυτό το σημείο τη συμπεριφορά της αγοράς και των καταναλωτών έτσι ώστε να οδηγήσουμε και την 3D τεχνολογία στις αντίστοιχες κατευθύνσεις που απαιτούνται για να αποφύγουμε νέες αποτυχίες. Στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού προγράμματος για την 3DTV (Network of Excellence 3DTV, 2004-2008) στο οποίο συμμετείχε και ο συγγραφέας του άρθρου, πραγματοποιήθηκε το 2008 μια πολύ ενδιαφέρουσα έρευνα που δείχνει τι πρέπει να διορθώσουμε και τι να αναπτύξουμε για μια πετυχημένη 3DTV.

Σύμφωνα με την έρευνα οι πιο σημαντικοί λόγοι στην αγορά μιας συσκευής τηλεόρασης αποδεικνύονται να είναι η ποιότητα της εικόνας (82%), η τιμή (71%) και το μέγεθος της απεικόνισης (52%), στοιχεία τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη για τις συσκευές 3DTV. Μια άλλη χρήσιμη διαπίστωση της έρευνας είναι ότι δεν υπάρχει μια επικρατούσα άποψη για το τι είναι η 3DTV. Το 39% την σκέφτεται ως μια ασαφή 3D έκδοση μιας παραδοσιακής 2D συσκευής τηλεόρασης. Μικρότερα ποσοστά τη θεωρούν με συστήματα στερεοσκοπικής απεικόνισης χρησιμοποιώντας ειδικά γυαλιά ή με ολογραφικά συστήματα απεικόνισης. Αυτές οι απαντήσεις ήταν αναμενόμενες, από τη στιγμή που δεν υπάρχει μια ξεκάθαρη τεχνολογία για την 3DTV, οπότε και οι απαντήσεις επηρεάζονται από τις υπάρχουσες τεχνολογίες 3D απεικόνισης όπως στον 3D κινηματογράφο.

Η μεγάλη πλειοψηφία περιμένει από την 3DTV να προσφέρει το ίδιο περιεχόμενο όπως και η 2DTV, όπως να βλέπεις τηλεόραση μαζί με άλλα άτομα (όχι δη-

λαδή στην ατομική 3D απεικόνιση), να προσφέρει ψυχαγωγία και εκπαιδευτικό περιεχόμενο. Ένα σημαντικό ποσοστό 72% πιστεύει ότι η 3DTV μπορεί να είναι χρήσιμη και στην ιατρική απεικόνιση. Άλλες εφαρμογές της προβλέπονται να είναι η επιστημονική και βιομηχανική απεικόνιση (51%), προσομοιώσεις και εικονική πραγματικότητα (46%) και αρχιτεκτονικές εφαρμογές (31%).

Στην ερώτηση για τις προσδοκίες και τις επιθυμίες για την 3DTV, οι περισσότεροι από τους μισούς είναι αρνητικοί με το να φορούν γυαλιά για να βλέπουν 3DTV. Η πλειοψηφία του 90% συμφωνεί ότι η 3DTV θα πρέπει να δείχνει και περιεχόμενο 2DTV (συμβατότητα με 2D περιεχόμενο). Επίσης, οι περισσότεροι τονίζουν ότι δεν θα βλέπουν μια 3DTV, αν οι εικόνες της δεν είναι καθαρές και ευδιάκριτες και ένα 60% προτιμά μια υψηλής ανάλυσης 2D εικόνα από μια χαμηλότερης ποιότητας 3D σκηνή. Τα θέματα που προκύπτουν από αυτές ακριβώς τις απαντήσεις θα πρέπει να αντιμετωπιστούν στη διαδικασία παραγωγής συσκευών 3DTV. Οι καταναλωτές έχουν ήδη συνηθίσει σε μια υψηλής ποιότητας 2DTV και συνεπώς η επερχόμενη 3DTV θα πρέπει να ανταποκριθεί σε αντίστοιχες απαιτήσεις για την ανάλυση, το χρώμα, κτλ, με τη πρόσθετη ιδιότητα της 3D θέασης, χωρίς να είναι απαραίτητα γυαλιά ή άλλα δύσκολη στη χρήση ή προβληματικές συσκευές.

Φαίνεται λοιπόν το μέλλον να ανήκει στην 3DTV με τις νέες τεχνολογικές εξελίξεις, το μεγάλο ενδιαφέρον της αγοράς και τις μελλοντικές χρήσιμες 3D εφαρμογές. Ωστόσο υπάρχει και η άλλη γνώμη, που πιστεύει ότι η 3D όραση δεν μπορεί να προσφέρει τίποτα παραπάνω σε σχέση με τη 2D εικόνα (ένα ωραίο άρθρο μπορεί κάποιος να διαβάσει στο <http://www.newsweek.com/id/237110>) - Why I Hate 3-D And You Should Too). Προφανώς, εμείς δεν συμφωνούμε...