



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής  
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
«Πληροφορική»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	<b>Οπτικοποίηση γεωμετρικών σχημάτων σε Εικονικό Περιβάλλον: Προϋποθέσεις, Τεχνικές, Εργαλεία</b>
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	<b>Ζωή Νικολοπούλου</b>
Πατρώνυμο	<b>Νικόλαος</b>
Αριθμός Μητρώου	<b>ΜΠΠΛ/07004</b>
Επιβλέπων	<b>Μαρία Βίρβου, Καθηγητής</b>

Ημερομηνία Παράδοσης **Ιούλιος 2010**



**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

(υπογραφή)

(υπογραφή)

(υπογραφή)

Μαρία Βίρβου  
Καθηγητής

Γεώργιος Τσιχριντζής  
Καθηγητής

Ευάγγελος Φούντας  
Καθηγητής

## Εισαγωγή – Περιγραφή αντικειμένου

Η παρούσα διατριβή έχει ως σκοπό να περιγράψει τις παραμέτρους τις οποίες οφείλει να γνωρίζει όποιος δημιουργεί εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας πραγματικού χρόνου, ώστε το αποτέλεσμα να είναι ασφαλές και χρήσιμο για τον θεατή. Αρκετά θέματα τα οποία αποτελούν τη θεωρητική βάση για τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας αναλύονται διεξοδικά και μέσω της δημιουργίας ενός απλού διαδραστικού παιχνιδιού με χρήση της πλατφόρμας εικονικής πραγματικότητας VDP (Visual Decision Platform) γίνεται η σύνδεση της θεωρίας με τη πρακτική που απαντάται στις μεγαλύτερες και πιο ανταγωνιστικές βιομηχανίες στο κόσμο σήμερα.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύονται οι ανθρώπινοι παράγοντες που σχετίζονται με την απεικόνιση τρισδιάστατων γραφικών. Μηχανισμοί όπως η στερεοσκοπική όραση, ο μηχανισμός του διαδρόμου, η επιμονή της όρασης, η ναυτία περιγράφονται διεξοδικά και εξηγείται τι πρέπει να κάνει ο σχεδιαστής – δημιουργός μιας εφαρμογής εικονικής πραγματικότητας ώστε ο θεατής να απολαύσει το μέγιστο δυνατό επίπεδο ξεκούραστης θέασης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται τα τρισδιάστατα γραφικά, οι διάφοροι τρόποι μοντελοποίησης, οι αλγόριθμοι rendering, τα αντικείμενα μια σκηνής και οι ιδιότητες τους. Οι γνώσεις αυτές είναι απαραίτητες για τη κατανόηση μιας εφαρμογής εικονικής πραγματικότητας.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται η ανάπτυξη μιας απλής διαδραστικής εκπαιδευτικής εφαρμογής με χρήση της πλατφόρμας εικονικής πραγματικότητας VDP. Για τη δημιουργία της εφαρμογής αυτής χρησιμοποιήθηκαν τεχνικές που περιγράφηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο όπως για παράδειγμα μοντελοποίηση, προσθήκη χρωμάτων, προσθήκη ιδιοτήτων όπως collision detection, δημιουργία ιεραρχικού γράφου σκηνής με δυνατότητα συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης, δημιουργία διαδραστικών τομών, μετρήσεων κ.ά..

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται μερικά χρήσιμα συνοπτικά συμπεράσματα.

Τέλος, στο παράρτημα υπάρχει μια αναλυτική περιγραφή της πλατφόρμας εικονικής πραγματικότητας VDP η οποία μπορεί να αποτελέσει άριστο σημείο αναφοράς για τον μηχανικό που θέλει να αναπτύξει καινοτόμα συστήματα εικονικής πραγματικότητας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

### 1. Εισαγωγή

Για τη κατανόηση της χρήσης της τεχνολογίας της εικονικής πραγματικότητας (Virtual Reality - VR) θα ήταν χρήσιμο να εξερευνήσουμε κάποιες πτυχές του εαυτού μας, οι οποίες επηρεάζονται από αυτή την τεχνολογία. Αυτό το κεφάλαιο αναφέρεται, λοιπόν, στους ανθρώπινους παράγοντες και καλύπτει μια ευρεία κλίμακα πολύπλοκων θεμάτων.

Οι ανθρώπινοι παράγοντες περικλείουν πολλές περισσότερες περιπτώσεις εκτός από τους σωματικούς παράγοντες. Ως παράδειγμα αναφέρουμε την ανθρώπινη μάθηση στον εικονικό κόσμο, την ικανότητα αντίληψης του χώρου στο εικονικό περιβάλλον, την ανθρώπινη διαφορετικότητα και την κοινωνική αλληλεπίδραση στο περιβάλλον αυτό και τέλος την ευρεία χρήση των μεθόδων σχεδιασμού στον εικονικό κόσμο.

Οι αισθήσεις της όρασης, της ακοής, της όσφρησης, της γεύσης και της ισορροπίας είναι οι κανονικές ειδικές αισθήσεις. Αντίθετα οι αισθήσεις της αφής, της θέσης, της ζέσης, του κρύου και του πόνου είναι οι σωματικές αισθήσεις. Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε μόνο τους παράγοντες εκείνους που επηρεάζονται από το περιβάλλον της εικονικής πραγματικότητας. Στην περίπτωση αυτή συμπεριλαμβάνονται η όραση, η ακοή, η αφή και η ισορροπία.

### 2. Όραση

Είναι φανερό ότι το οπτικό μας σύστημα είναι ένας βασικός ανθρώπινος παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στο σχεδιασμό του hardware και του software ενός συστήματος VR. Το μάτι και ο μηχανισμός της όρασης είναι πολύπλοκος, και γι' αυτό έχουμε πολύ δρόμο ακόμα μέχρι την πλήρη κατανόηση του πώς το μάτι και το μυαλό δουλεύουν μαζί. Ευτυχώς, δε χρειάζεται να γνωρίζουμε πάρα πολλά για όλες τις λειτουργίες του ματιού, παρά μόνο όσα είναι απαραίτητα για την καλύτερη εκμετάλλευσή του χωρίς την κακοποίηση του.

#### 2.1. Το μάτι

Το μάτι είναι μια σφαίρα, που περιέχει έναν φακό, ο οποίος συγκεντρώνει φως πάνω στον φωτοευαίσθητο αμφιβληστροειδή χιτώνα (retina). Ο χιτώνας αυτός βρίσκεται στο πίσω μέρος του βολβού. Από τον αμφιβληστροειδή τα σήματα επεξεργάζονται και μεταφέρονται μέσω του οπτικού νεύρου στο σημείο εκείνο, όπου η πράξη της όρασης είναι πλέον οργανωμένη. Το φως αρχικά εισέρχεται στο μάτι από μια διάφανη μεμβράνη, τον κερατοειδή χιτώνα (cornea), και κατόπιν περνά μέσω μιας τρύπας, που ονομάζεται κόρη, πριν διαθλασθεί από τους φακούς για να συγκεντρωθεί πάνω στον αμφιβληστροειδή. Λόγω του ότι το φως προέρχεται από αντικείμενα που βρίσκονται σε πολύ διαφορετικής κλίμακας αποστάσεις, όπως το φεγγάρι (απόσταση 400.000 χλμ. από τη γη) και από άλλα πλησιέστερα αντικείμενα μόλις μερικά εκατοστά μακριά, οι φακοί πρέπει να έχουν την ικανότητα να προσαρμόζουν την διαθλαστική τους δύναμη για να διατηρήσουν τις εικόνες καθαρές. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται προσαρμογή (accommodation) και επιτυγχάνεται συστέλλοντας και διαστέλλοντας τους ακτινωτούς μυς (ciliary muscles) που περιβάλλουν τους φακούς.

#### 2.2. Υποδοχείς χρώματος

Ο αμφιβληστροειδής περιέχει δύο είδη φωτοευαίσθητων κυττάρων, που ονομάζονται ράβδοι και κώνοι. Τα κύτταρα ράβδοι είναι ευαίσθητα στα χαμηλά επίπεδα φωτισμού και γι' αυτό είναι ενεργά όταν προσπαθούμε να δούμε μέσα στο βράδυ. Ωστόσο δε συνεισφέρουν καθόλου στην αντίληψη που έχουμε για τα χρώματα. Αυτή η ιδιότητα υφίσταται μόνο στα κύτταρα κώνους που

είναι ευαίσθητα σε τρεις επικαλυπτόμενους τομείς του οπτικού φάσματος: το κόκκινο, το πράσινο και το μπλε. Συλλογικά, δοκιμάζουν τις εισερχόμενες συχνότητες και εντάσεις φωτός αυξάνοντας τις ωθήσεις των νεύρων, που τελικά καταλήγουν σε μια συγκεκριμένη έγχρωμη εικόνα.

Το βοθρίο ή εντύπωμα (fovea) είναι το κέντρο του αμφιβληστροειδούς και είναι υπεύθυνο για τη σύλληψη της άριστης χρωματικής λεπτομέρειας. Η περιβαλλόμενη περιοχή παραμένει ευαίσθητη στο χρώμα αλλά σε μειωμένη χωρική ανάλυση. Το βοθρίο μας δίνει τη δυνατότητα να εκτελέσουμε καθήκοντα, όπως το διάβασμα, και αν δοκιμάσουμε να διαβάσουμε έξω από την περιοχή αυτή, η εικόνα είναι πολύ θολή ώστε να μπορεί να αναλύσει οποιαδήποτε χρήσιμη λεπτομέρεια. Το βοθρίο έχει διάμετρο μόλις 0.1 χιλιοστό, το οποίο ανταποκρίνεται σε περίπου 1° του οπτικού πεδίου του ματιού (field of view-FOV). Κατά μήκος της κορυφής του αμφιβληστροειδούς τα κύτταρα γίνονται ιδιαίτερα ευαίσθητα σε αλλαγές στην ένταση του φωτός, και παρέχουν περιφερειακή όραση για συνείδηση και επίγνωση της κίνησης.

### 2.3. Οπτική οξύτητα

Η οξύτητα είναι μέτρο της δύναμης απόφασης του ματιού, και λόγω του ότι η πυκνότητα των κυττάρων ποικίλει κατά μήκος του αμφιβληστροειδούς χιτώνα, οι μετρήσεις γίνονται στο βοθρίο. Ένα μέσο μάτι μπορεί να ξεχωρίσει δυο διαφορετικές πηγές φωτός που απέχουν μεταξύ τους 1.5 χιλιοστό και βρίσκονται σε απόσταση 10 μέτρων από το μάτι. Αυτό ισοδυναμεί σε απόσταση 2 μικρών (εκατομμυριοστών του μέτρου) στον αμφιβληστροειδή.

### 2.4. Το τυφλό σημείο

Ο εγκέφαλος συνδέεται με το κάθε μάτι μέσω του οπτικού νεύρου, το οποίο εισέρχεται από το πίσω μέρος του ματιού και ενώνεται με τον αμφιβληστροειδή. Στο σημείο εισόδου η συνεισφορά των ράβδων και κώνων διαταράσσεται έτσι ώστε να δημιουργείται μια περιοχή τύφλωσης, γνωστό ως το τυφλό σημείο. Αυτό φαίνεται να μη μας δημιουργεί κανένα πρόβλημα. Το τυφλό σημείο εύκολα αναγνωρίζεται με ένα απλό πείραμα. Για αρχή, κλείνουμε το μάτι μας - για παράδειγμα, το δεξί - και κατόπιν κοιτάμε επίμονα με το αριστερό μάτι σε ένα αντικείμενο που βρίσκεται αρκετά μακριά. Κρατάμε τον αριστερό μας δείκτη σε απόσταση χεριού από το μάτι και λίγο αριστερότερα από την κατεύθυνση του βλέμματός μας. Ενώ ακόμη κοιτάμε μπροστά, μετακινούμε τον δείκτη του αριστερού χεριού με αργούς ρυθμούς. Θα δούμε το άκρο του δακτύλου να χάνεται καθώς περνάμε από το τυφλό σημείο. Αυτό που μας προκαλεί εντύπωση είναι το γεγονός ότι ενώ η εικόνα του δακτύλου εξαφανίζεται η πληροφορία για το φόντο παραμένει. Για το λόγο αυτό το τυφλό σημείο δε μας προκαλεί κανένα πρόβλημα στον σχεδιασμό των συστημάτων εικονικής πραγματικότητας.

### 2.5. Στερεοσκοπική όραση

Αν κινηθούμε προς την κατεύθυνση ενός αντικείμενου, οι ακτινωτοί μυς προσαρμόζουν το σχήμα των φακών για να βοηθήσουν τα εισερχόμενα κύματα φωτός να διατηρήσουν μια καθαρή και ευδιάκριτη εικόνα. Επίσης, τα μάτια αυτόματα συγκλίνουν ώστε να διασφαλίσουν ότι οι ανακλώμενες εικόνες πέφτουν πάνω σε όμοιες περιοχές των δυο αμφιβληστροειδών χιτώνων. Αυτή η διαδικασία χαρτογράφησης μιας εικόνας σε αντίστοιχες θέσεις πάνω στους αμφιβληστροειδείς αποτελεί τη βάση για τη στερεοσκοπική όραση. Η διαφορά μεταξύ των ανακλώμενων εικόνων ονομάζεται διοπτρική ανομοιότητα (binocular disparity) και χρειάζεται για την εκτίμηση του βάθους, και τελικά προκαλεί τη δημιουργία του τρισδιάστατου χώρου.

### 2.6. Stereopsis

Το 1832 ο Charles Wheatstone έδειξε ότι τρισδιάστατα γραφικά μπορούσαν να παραχθούν παρατηρώντας δισδιάστατες εικόνες με το στερεοσκόπιό του. Ο Brewster προχώρησε με την τελειοποίηση της μηχανής χρησιμοποιώντας πρίσματα στη θέση των καθρεφτών που

χρησιμοποιούσε ο Wheatstone. Η τρισδιάστατη εικόνα που διαμορφώνεται από δυο ξεχωριστές εικόνες, ιδίως αυτές που παρέχουν τα μάτια, μας δίνει τη δυνατότητα να υπολογίσουμε το βάθος των αντικειμένων. Αυτή η ικανότητα ονομάζεται stereopsis.

Είχε θεωρηθεί ότι η στερεοσκοπική προοπτική συνδέεται με τη γνώση μας για ένα αντικείμενο, αλλά το 1971 η Bela Julesz απέδειξε ότι στην πραγματικότητα ήταν δυο ανεξάρτητα πράγματα. Παρατηρώντας δείγματα τυχαίων κουκίδων σε στερεοσκόπιο, η Julesz διαπίστωσε ότι όταν τα δείγματα μετατοπίζονταν οριζόντια, το μυαλό χρησιμοποιούσε την ανομοιότητα της εικόνας για να δημιουργήσει τρισδιάστατο βάθος. Το γεγονός ότι τα δείγματα των κουκίδων ήταν τυχαία δείχνει ότι το μυαλό δεν απαιτεί γνώση της εικόνας για να αντιληφθεί και να διακρίνει τα τρισδιάστατα γραφικά. Από τότε τα στερεογράμματα τυχαίων κουκίδων χρησιμοποιούνται ευρέως για διαφημιστικούς σκοπούς. Έτσι, παρόλο που οι περισσότερες διαφημίσεις αποτελούνται από μια μόνο αφίσα, όταν παρατηρούνται προσεκτικά διαπιστώνεται η ύπαρξη τρισδιάστατων γραφικών.

Ένα σύστημα εικονικής πραγματικότητας δεν είναι τίποτα άλλο από ένα στερεοσκόπιο, που στη θέση της φωτογραφίας χρησιμοποιούνται εικόνες video. Αυτό που είναι βασικό ωστόσο, είναι ότι οι εικόνες που παρατηρούνται από τα δυο μάτια πρέπει να επικαλύπτονται σ' αυτήν την περιοχή επικάλυψης όπου η στερεοσκοπική όραση γίνεται αντιληπτή.

## 2.7. Παράλλαξη κίνησης

Παρόλο που η stereopsis είναι πολύ αποτελεσματική και αποδοτική μέθοδος για την εκτίμηση του βάθους των αντικειμένων, το μυαλό έχει μάθει ότι είναι πάντα καλύτερο να υπάρχει μια εναλλακτική στρατηγική. Στην περίπτωση αυτή η παράλλαξη κίνησης χρησιμοποιείται επίσης για τον υπολογισμό του βάθους. Η στρατηγική αυτή χρησιμοποιεί ως αρχή την ταχύτητα της εικόνας στον αμφιβληστροειδή. Επιπλέον, εκεί που η stereopsis χρησιμοποιεί και τα δυο μάτια για τον υπολογισμό της ανομοιότητας μεταξύ δυο όψεων του αντικειμένου, η παράλλαξη κίνησης απαιτεί μόνο ένα μάτι. Ένα αντικείμενο κοντά στο μάτι φαίνεται να κάνει σάρωμα μεγάλης γωνίας κατά μήκος του αμφιβληστροειδούς, ενώ ένα μακρινό αντικείμενο δε θα φαίνεται μικρότερο, αλλά θα κινείται κατά μήκος μικρότερης γωνίας.

## 2.8. Βάθος προοπτικής

Η προοπτική βάθους προκύπτει μετά την εξοικείωσή μας με το κανονικό μέγεθος των αντικειμένων. Για παράδειγμα, όταν βλέπουμε ένα μεγάλο αεροπλάνο όπως το Boeing 767 να πετά στον ουρανό, το μικρό του μέγεθος επιβεβαιώνει ότι είναι σημαντική απόσταση μακριά από το σημείο παρατήρησης. Αυτό συμβαίνει γιατί γνωρίζουμε ότι στο έδαφος το μέγεθος του αεροπλάνου είναι συντριπτικά μεγαλύτερο.

Το μυαλό δε στηρίζεται σε μια μόνο στρατηγική για να καθορίσει το μέγεθος ενός αντικειμένου. Δεν έχει σημασία ποια από όλες τις στρατηγικές είναι διαθέσιμη - η παράλλαξη κίνησης, η stereopsis ή η προοπτική βάθους - αφού όλες συνεισφέρουν στη συλλογική απάντηση.

## 2.9. Διοπτρικό οπτικό πεδίο

Τα δύο μάτια μας παράγουν επικαλυπτόμενα πεδία εικόνας με αποτέλεσμα να προκαλούν ένα διοπτρικό οπτικό πεδίο σε περίπου  $\pm 90^\circ$  οριζοντίως και  $\pm 60^\circ$  καθέτως. Η περιοχή επικάλυψης είναι περίπου  $120^\circ$ , όπου λαμβάνει χώρα ο μηχανισμός της stereopsis. Για παράδειγμα, αν κοιτάμε επίμονα μπροστά γνωρίζουμε ότι το κέντρο του οπτικού μας πεδίου είναι πλούσιο σε χρώμα και τα αντικείμενα είναι τοποθετημένα στην ακριβή τους θέση στο χώρο. Παρόλα αυτά, αν προσηλωθούμε σε ένα κεντρικό χαρακτηριστικό της εικόνας, είναι πολύ δύσκολο να διαχωρίσουμε τη μορφή και το σχήμα των αντικειμένων που βρίσκονται στα όρια της περιμετρικής μας οπτικής. Δεν υπάρχει η αίσθηση του βάθους ενώ παράλληλα συναντάμε ελάχιστη χρωματική λεπτομέρεια, ωστόσο τα κινούμενα αντικείμενα είναι εύκολα διαχωρίσιμα.

Η παρατήρηση του κόσμου μέσα από ένα μόνο μάτι παραμένει πάρα πολύ ενδιαφέρουσα,

ωστόσο κανένας δεν μπορεί να αρνηθεί την αίσθηση της παρουσίας που δίνει το άλλο μάτι. Η στερεοσκοπική όραση παρέχει την αίσθηση ότι αποτελούμε μέρος ενός συνόλου, κάτι που με το ένα μάτι δε θα μπορούσαμε να το καταφέρουμε ποτέ. Αυτή ακριβώς την αίσθηση προσπαθεί να μιμηθεί το πεδίο της εικονικής πραγματικότητας μέσω των στερεοσκοπικών συστημάτων. Η δημιουργία, λοιπόν, ενός ρεαλιστικού, ευρείας γωνίας, διοπτρικού οπτικού πεδίου είναι πραγματικά μια πρόκληση, και για το λόγο αυτό τα virtual reality caves και οι πανοραμικές οθόνες έχουν γίνει τόσο διάσημα.

### **2.10. Επεξεργασία εικόνας**

Το μάτι δεν είναι απλά ένα όργανο που καταγράφει και ο τρόπος με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε τον κόσμο δεν είναι μόνο ζήτημα οπτικό. Είμαστε προικισμένοι με εκλεπτυσμένες λειτουργίες στην επεξεργασία εικόνας, όπως για παράδειγμα την αναγνώριση ανθρώπινων προσώπων, τον υπολογισμό του βάθους του αντικειμένου και το λόγο που κάτι είναι ανάποδα ή όχι. Για παράδειγμα, λόγω του ότι ο ήλιος είναι πάντα πάνω από τη γη, τα αντικείμενα έχουν την τάση να φωτίζονται από πάνω, ενώ η σκίαση βρίσκεται προς τα κάτω. Το οπτικό μας σύστημα έχει προσαρμοστεί στο φυσικό φαινόμενο και το χρησιμοποιεί για να αποσπάσει πληροφορίες για τον προσανατολισμό των αντικειμένων.

### **2.11. Η επιμονή της όρασης**

Όταν τυχαία κοιτάξουμε μια φωτεινή πηγή μια εικόνα παραμένει ακόμα μπροστά στα μάτια μας για μερικά δευτερόλεπτα. Αυτό συμβαίνει γιατί ο αμφιβληστροειδής έχει κορεστεί και απαιτεί χρόνο για να επανέλθει στα φυσιολογικά χημικά επίπεδα. Πέρα από αυτή την ηλεκτροχημική καθυστέρηση, η βραχυπρόθεσμη οπτική μας μνήμη μπορεί να κρατήσει μια εικόνα πολύ ώρα αφού κλείσουμε τα μάτια μας. Αυτή η επιμονή στην όραση ενεργοποιεί μια σειρά από ξεχωριστές ευδιάκριτες εικόνες να εκλαμβάνονται συνεχείς όταν επαναλαμβάνονται με σταθερή ταχύτητα. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται κρίσιμη συχνότητα συγχώνευσης (critical fusion frequency – cff) και εξαρτάται από τη φωτεινότητα της εικόνας. Συνήθως κυμαίνεται στα 20Hz.

### **2.12. Τρεμόπαιγμα (flickering)**

Η επιμονή της όρασης έχει αξιοποιηθεί κυρίως από την τηλεόραση και τα γραφικά υπολογιστών όσον αφορά την ανανέωση της εικόνας στην οθόνη. Η κλίμακα του πεδίου ανανέωσης είναι 50Hz για την Αγγλία και 60Hz για την Αμερική. Ωστόσο μερικοί κατασκευαστές έχουν διπλασιάσει τις τιμές αυτές με σκοπό τη μείωση του τρεμοπαίγματος. Το τρεμόπαιγμα είναι πολύ κουραστικό, και πολλές φορές μπορεί να παρεμβάλει με τις ενέργειες του εγκεφάλου. Για παράδειγμα, η οδήγηση κατά μήκος ενός δρόμου που οριοθετείται από δέντρα σε ίσες αποστάσεις και με το φως του ηλίου να μην είναι έντονο είναι πολύ επικίνδυνη, καθώς οι εναλλαγές του φωτός και της σκιάς μπορούν να προκαλέσουν κρίσεις επιληψίας σε μερικούς ανθρώπους. Πράγματι, σχετικά πρόσφατα στην Ιαπωνία, δεκάδες παιδιών είχαν μπει στα νοσοκομεία μετά την παρακολούθηση κινούμενων σχεδίων στην τηλεόραση, που περιείχαν μια σειρά από φωτεινές τρεμοσβήνουσες εικόνες.

## **3. Όραση και τεχνολογία απεικόνισης**

Από αυτήν την σύντομη περιγραφή καταλαβαίνουμε ότι τα μάτια μας συνεχώς δουλεύουν για να διασφαλίσουν ότι θα αποτυπωθεί οτιδήποτε θα μπορούσε να φανεί χρήσιμο για την επιβίωσή μας. Ωστόσο δεν είναι ιδιαίτερα δύσκολο να εκτιμήσουμε ότι τα μάτια μας έχουν διαφορετική συμπεριφορά όταν βρισκόμαστε σε περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας. Εν πρώτοις, είναι ανήμπορα να εσιιάσουν πάνω σε διαφορετικά αντικείμενα του εικονικού περιβάλλοντος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι όλα τα αντικείμενα διαφάνονται καθαρά και όλες οι ακτίνες φωτός έρχονται από την ίδια κατεύθυνση. Υπάρχουν οπτικές παραποιήσεις και παραμορφώσεις, που σε καμία περίπτωση δε μπορούν να συνεισφέρουν στη δημιουργία της αίσθησης παρουσίας,

και υπάρχουν προβλήματα φυσιολογίας που δημιουργούνται από τις αντιθέσεις στην προσαρμογή και την σύγκλιση.

### 3.1. Οπτική παραμόρφωση

Οι οπτικές παραμορφώσεις που παρουσιάζονται στα συστήματα εικονικής πραγματικότητας προκύπτουν από τα οπτικά στοιχεία, που χρησιμοποιούνται για τη σύγκλιση της εικόνας. Τέτοιες παραποιήσεις περιλαμβάνουν τον αστιγματισμό, άλλες παραμορφώσεις σε τμήματα του ματιού, χρωματικές και σφαιρικές διαλείψεις. Οι μη σφαιρικοί φακοί παράγουν μια διπλή εικόνα όταν το σημείο παρατηρείται εκτός άξονα. Αυτό ονομάζεται αστιγματισμός. Οι άλλες παραμορφώσεις συμβαίνουν όταν το οπτικό σύστημα γίνεται μη γραμμικό είτε οριζοντίως είτε καθέτως. Οι χρωματικές διαλείψεις προκύπτουν όταν φως διαφορετικών μηκών κύματος εστιάζεται σε διαφορετικά σημεία, και απομακρύνεται από το συνδυασμό άχρωμων φακών. Τέλος, οι σφαιρικές διαλείψεις οφείλονται σε αλλαγές στις εστιακές αποστάσεις κατά μήκος της διαμέτρου των φακών.

### 3.2. Απόσταση ευθυγράμμισης

Όταν ο συνδυασμός των φακών τοποθετηθεί μπροστά από LCD (Liquid Crystal Display) ή CRT (Cathode Ray Tube), καθορίζει την απόσταση στην οποία το αντικείμενο φαίνεται να βρίσκεται. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται απόσταση ευθυγράμμισης. Σε αρκετούς εξομοιωτές πτήσης παρατίθεται η απόσταση ευθυγράμμισης κατά προσέγγιση στο άπειρο. Στην πραγματικότητα, αυτή είναι μια θεωρητική τιμή. Στην πράξη η τιμή αυτή ποικίλει μεταξύ αρκετών εκατοντάδων μέτρων μέχρι αρκετών χιλιάδων μέτρων. Όπως και να έχει ωστόσο, οι εικόνες φαίνεται ότι βρίσκονται αρκετά μακριά.

Στην πραγματική ζωή, τα κύματα φωτός που ταξιδεύουν από ένα μακρινό βουνό έχουν μεγάλη ακτίνα καμπυλότητας όταν φτάνουν στα μάτια μας. Αντίθετα, η ακτίνα καμπυλότητας των κυμάτων φωτός που προέρχονται από ένα κοντινότερο αντικείμενο είναι σημαντικά μικρότερη. Είναι αυτή η διαφορά στη καμπυλότητα που υποχρεώνει τους φακούς του ματιού να αλλάζουν σχήμα ανάλογα με το ποια αντικείμενα – τα κοντινά ή τα μακρινά – θέλουμε να βλέπουμε καθαρά. Καθώς κοιτάμε μια οθόνη με σύστημα ευθυγράμμισης απόστασης στο άπειρο, τα μάτια μας ηρεμούν για να προσαρμοστούν στην εικόνα. Λόγω του ότι το φως φαίνεται να προέρχεται από το άπειρο, υπάρχει η φυσική προσδοκία για το περιεχόμενο της εικόνας να περιέχει τα κατάλληλα αντικείμενα σε σχέση με την απόστασή τους στο σκηνικό. Αν όμως, προσπαθήσουμε να προβάλουμε ένα αντικείμενο ώστε να φαίνεται ότι βρίσκεται σχετικά κοντά, υπάρχει μια άμεση σύγκρουση. Η παραλλαγή κίνησης είναι λάθος. Αυτό συμβαίνει γιατί η σύγκλιση των ματιών είναι μικρή και οι ακτινωτοί μυς είναι χαλαρωμένοι. Η γενική εντύπωση είναι πολύ περίεργη με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα ακόμα και στη βιομηχανία των εξομοιωτών πτήσης.

Το αντίστροφο μπορεί να συμβεί στα συστήματα εικονικής πραγματικότητας. Αν είναι ευθυγραμμισμένα σε απόσταση δυο ή τριών μέτρων, είναι δύσκολο να προβάλουν μακρινά αντικείμενα με ρεαλισμό. Παρόλα αυτά μέσα σε πολύ λίγο χρόνο μπορούμε να προσαρμοστούμε στις ανωμαλίες.

### 3.3. Βάθος πεδίου

Στον πραγματικό κόσμο, μπορούμε να διαχωρίσουμε αντικείμενα που βρίσκονται σε διαφορετικές αποστάσεις, λόγω του ότι τα κύματα φωτός που φτάνουν στα μάτια μας έχουν διαφορετικές ακτίνες καμπυλότητας. Μέσα σε συγκεκριμένα όρια αντοχής υπάρχει ένα βάθος πεδίου που προβάλλεται καθαρά. Αντικείμενα που βρίσκονται κάτω ή πριν τη ζώνη αυτή δε φαίνονται καθαρά, αλλά παρουσιάζονται θολά. Αυτό αποτελεί ένα χρήσιμο χαρακτηριστικό του οπτικού μας συστήματος, αφού μας επιτρέπει να συγκεντρωνόμαστε σε συγκεκριμένα αντικείμενα χωρίς να αποσπώμαστε από ανεπιθύμητη πληροφορία.

Με βάση τα σημερινά δεδομένα, η τεχνολογία προβολής δε μπορεί να ευθυγραμμιστεί σε



επίπεδο pixel. Η συνολική εικόνα ευθυγραμμίζεται σε μια συγκεκριμένη απόσταση. Παρόλο που είναι δυνατό να προσαρμοστούμε σ' αυτή την κατάσταση, δεν είναι ωστόσο η ιδανική λύση. Δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι η χαρτογράφηση κατά Z στην τεχνική απόδοσης (rendering) απασχολεί έναν buffer βάθους για την αποθήκευση λεπτομερειών για το βάθος του κάθε pixel. Ίσως κάποια μέρα η πληροφορία αυτή χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία συστήματος εικονικής πραγματικότητας με πραγματικό βάθος πεδίου.

Το βασικότερο μειονέκτημα των συστημάτων εικονικής πραγματικότητας ήταν ότι η ανάλυσή τους ήταν τόσο φτωχή, που ξεχωριστά pixel ήταν ορατά και γενικά υπήρχε η αίσθηση ότι κοιτάμε δυο χάρτινους κύβους. Η προσπάθεια για δημιουργία μιας πραγματικής αίσθησης παρουσίας μέσα στο εικονικό περιβάλλον ήταν κάτι ιδιαίτερα δύσκολο. Σήμερα, παρόλο που υπάρχουν υψηλής ποιότητας συστήματα προβολής με τέλεια ανάλυση, δεν υπάρχει καμία μηχανή που να μπορεί να συναγωνιστεί με οποιοδήποτε τρόπο τις προδιαγραφές και την εξειδίκευση του οπτικού μας συστήματος.

## 4. Ακοή

Ο ήχος, όπως και το χρώμα, είναι ένα δημιούργημα του εγκεφάλου. Τα κύματα πίεσης που προσκρούουν πάνω στα αυτιά μας δημιουργούν ένα καταπληκτικό φάσμα ακουστικών αισθήσεων, που παρέχουν μια μέση ποιότητα στον ήχο της φωνής και της μουσικής. Το ίδιο συμβαίνει και με ήχους που συναντάμε στην καθημερινή μας ζωή, όπως ήχους τρένων, αυτοκινήτων, τηλεφώνων και κουδουνιών.

### 4.1. Το αυτί

Για την καλύτερη κατανόηση του ακουστικού συστήματος είναι βολικό να διαιρέσουμε το αυτί μας σε τρία μέρη: το εξωτερικό αυτί, το μέσο αυτί και το εσωτερικό αυτί. Το εξωτερικό αυτί αποτελείται από το περύγιο, όπου συνήθως το αποκαλούμε αυτί. Έχει ένα αρκετά λεπτομερές σχήμα και παίζει έναν πολύ σημαντικό ρόλο στη σύλληψη των ηχητικών κυμάτων. Πιο σημαντικό ωστόσο είναι το γεγονός ότι δίνει σχήμα στο φασματικό περίγραμμα των στιγμιαίων κυμάτων ήχου. Αυτά τα χαρακτηριστικά θα τα αναλύσουμε περισσότερο όταν εξετάσουμε την κατεύθυνση ήχου.

Το μέσο αυτί αποτελείται από τη μεμβράνη του τυμπάνου και το σύστημα οσταρίων, που οδηγεί τις ηχητικές δονήσεις στο εσωτερικό αυτί μέσω αλληλοσυνδεόμενων κοχλίων. Ο κοχλίας (ελικοειδής σωλήνας που αποτελεί το κύριο όργανο ακοής) βρίσκεται στο εσωτερικό αυτί, και είναι υπεύθυνος για την λεπτή διάκριση της συχνότητας και της έντασης του ήχου. Τέλος, σήματα από τον κοχλία μεταφράζονται από τον ακουστικό φλοιό του εγκεφάλου ως το αίσθημα του ήχου.

### 4.2. Ταχύτητα, συχνότητα, μήκος κύματος και όγκος

Τα ηχητικά κύματα ταξιδεύουν μέσα από κάθε στερεό, αέριο ή υγρό, και για κάθε μέσο υπάρχει μια ταχύτητα διάδοσης. Στον αέρα η ταχύτητα φτάνει περίπου τα 344 m/sec, που είναι πολύ μικρή συγκρινόμενη με την ταχύτητα του φωτός (300.000 km/sec). Εκεί που οι διαφορετικές συχνότητες του φωτός δημιουργούν την αίσθηση του χρώματος, οι διαφορετικές συχνότητες του ήχου ανιχνεύονται σαν αλλαγές στον τόνο του ήχου. Είναι ένα περίπλοκο μίγμα συχνοτήτων που συγκροτούν τους διαφορετικούς ήχους, τους οποίους συσχετίζουμε με αντικείμενα όπως το πιάνο, το βιολί, το τύμπανο ή ένα ποτήρι κρασιού που χτυπάμε με ένα κουτάλι.

Η κλίμακα συχνοτήτων σε ένα νεαρό άτομο εκτείνεται περίπου από 20 έως 20.000 κύκλους το δευτερόλεπτο. Ωστόσο, καθώς γερνάμε, η κλίμακα αυτή μπορεί να μειωθεί σε 50 έως 8.000 κύκλους το δευτερόλεπτο. Αν σχηματίσουμε στο μυαλό μας ένα ηχητικό κύμα σαν κυκλική διαταραχή των μορίων του αέρα που κινούνται προς τα εμπρός και προς τα πίσω, το μήκος κύματος είναι η απόσταση μεταξύ δυο αντίστοιχων σημείων σε διαδοχικούς κύκλους, και διαφέρει όταν έχουμε διαφορετικές συχνότητες.

Για παράδειγμα, σε συχνότητα 20 κύκλων/sec το μήκος κύματος είναι 17.2 m, ενώ σε συχνότητα 20.000 κύκλων/sec το μήκος κύματος μειώνεται σε 17.2 mm. Παρόλα αυτά, οι αποστάσεις αυτές δεν είναι καθορισμένες, λόγω του ότι η ταχύτητα του ήχου στον ελεύθερο χώρο εξαρτάται από την θερμοκρασία.

Το πλάτος των κυμάτων πίεσης ελέγχει την ένταση του ήχου. Το αυτί είναι ιδιαίτερα πεπειραμένο στο να ανιχνεύει από τον πιο αμυδρό ψίθυρο μέχρι την πιο έντονη ηχητικά έκρηξη. Αυτή η κλίμακα εντάσεων του ήχου απολήγει σε ταλαντώσεις στο εσωτερικό αυτί με πλάτος ταλάντωσης από 1 έως 1 εκατομμύριο. Ωστόσο, αυτή η διαφορά στο επίπεδο ήχου συμπιέζεται σε 10.000.

#### 4.3. Διεύθυνση ήχου

Όταν μια πόρτα κλείνει με θόρυβο, τα κύματα πίεσης μεταδίδονται μέσα στον αέρα και τελικά προσκρούουν πάνω στα αυτιά μας. Υπάρχει το ενδεχόμενο το αριστερό αυτί να ανιχνεύσει τα κύματα πίεσης πριν το δεξί αυτί, και καθώς τα αυτιά μας απέχουν περίπου 20cm το ένα από το άλλο, μια καθυστέρηση χρόνου των 0.6 ms δημιουργείται, η οποία μπορεί να ανιχνευθεί από το ακουστικό φλοιό του εγκέφαλου. Αυτό το γεγονός χρησιμοποιεί το μυαλό για να προσδιορίσει τη θέση της οριζόντιας πηγής του ήχου, αλλά δεν εξηγεί τον τρόπο που προσδιορίζεται η κάθετη θέση της πηγής. Η αλληλεπίδραση των ηχητικών κυμάτων με το κεφάλι μας και τα πτερύγια των αυτιών μας παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο για το σχηματισμό του φασματικού τους περιεχομένου.

Οι ήχοι που προέρχονται από διαφορετικές κατευθύνσεις επηρεάζονται διαφορετικά από τη γεωμετρία του κεφαλιού και των αυτιών μας, με αποτέλεσμα το μυαλό μας να έχει τη δυνατότητα να εξερευνήσει αυτή την αλληλεπίδραση για να προσδιορίσει το σημείο που βρίσκεται η πηγή ήχου. Όλα τα παραπάνω γίνονται εύκολα αντιληπτά αν τοποθετήσουμε στα αυτιά μας τις χούφτες μας. Οι ήχοι στην περίπτωση αυτή αποκτούν διαφορετικό χρωματισμό. Αν, λοιπόν, τα χέρια μας έχουν τέτοια επίδραση στους ήχους, είναι λογικό να υποθέσουμε ότι τα αυτιά μας μεταβάλλουν τα φασματικά χαρακτηριστικά των κυμάτων πριν αυτά εισχωρήσουν στο εσωτερικό αυτί. Ο Shaw επιβεβαίωσε το φαινόμενο με έρευνες που έκανε το 1974, και παρατήρησε ότι το φασματικό σχήμα εξαρτάται από την χωρική προέλευση της ηχητικής πηγής.

#### 4.4. Στάθμη ήχου

Όταν κοιτάμε τον πραγματικό κόσμο βεβαιωνόμαστε ότι όσα βλέπουμε είναι ανεξάρτητα από εμάς και ότι αποτελούμε ένα φυσικό μέρος του συνόλου. Για παράδειγμα, καθώς κοιτάμε έξω από το παράθυρο του γραφείου μας μπορούμε να δούμε δέντρα και σπίτια και θέλουμε να πιστεύουμε ότι όλα αυτά είναι εκεί έξω. Γνωρίζουμε όμως ότι αυτό δεν είναι αλήθεια, αφού όσα βλέπουμε βρίσκονται σαν εμπειρία μέσα στον εγκέφαλό μας. Δηλαδή, σε κάποιο σημείο μέσα στον εγκέφαλό μας έχουμε δημιουργήσει ένα οπτικό επίπεδο με βάση κάποια σήματα που προέρχονται από τα μάτια μας, τις εμπειρίες μας και τις προσδοκίες μας.

Όταν ακούμε μουσική από ένα στερεοφωνικό σύστημα καθόμαστε σε ίσες αποστάσεις από τα δυο ηχεία και στην κατάλληλη απόσταση μακριά. Και λόγω του ότι το δεξί και το αριστερό αυτί μας λαμβάνουν διαφορετικά σήματα, ο ακουστικός φλοιός του εγκέφαλου είναι ικανός να αναδημιουργήσει ένα ηχητικό επίπεδο της μουσικής που έχει χωρικό βάθος και πλάτος. Αυτά τα επίπεδα ήχου δε φαίνεται να υπάρχουν μέσα στο μυαλό μας, αλλά στο χώρο που καταλαμβάνεται από τα ηχεία. Ωστόσο γνωρίζουμε ότι το παραπάνω δεν αληθεύει. Ακριβώς όπως και στην περίπτωση της όρασης, η αίσθηση της ακοής λαμβάνει χώρα μέσα στο μυαλό μας. Αυτό που πραγματικά συμβαίνει είναι ότι, χωρικά, το ηχητικό μας επίπεδο υπερκαλύπτει το οπτικό μας επίπεδο, και οι ήχοι είναι ακριβώς συσχετισμένοι με τα φυσικά αντικείμενα.

Έρευνες που έγιναν από τον Plenge το 1974 έδειξαν ότι τα πτερύγια των αυτιών μας είναι πραγματικά υπεύθυνα για την εξωτερίκευση του ηχητικού επιπέδου. Όταν η επιρροή του πτερυγίου αφαιρέθηκε, το επίπεδο του ήχου φαινόταν να είναι εσωτερικό παρά εξωτερικό. Αυτό εκδηλώνεται εύκολα από την δράση των μοντέρνων ελαφριών ακουστικών που τοποθετούνται στο μέσο αυτί. Ενώ φοράμε τα ακουστικά, γνωρίζουμε ότι το στερεοφωνικό επίπεδο ήχου

τοποθετείται ανάμεσα στα αυτιά, και δεν έχει καμιά εξωτερική υπόσταση.

Όπως μπορεί να γίνει αντιληπτό, αν τα σήματα που οδηγούνταν από δυο ζευγάρια ακουστικών μπορούν να τροποποιηθούν τεχνικά για να εξομοιώσουν το χωρικό σχήμα από το μυαλό και το πτερύγιο, θα ήταν πιθανό να εξωτερικεύσουμε το επίπεδο του ήχου. Μάλιστα η διαδικασία αυτή ονομάζεται Συνάρτηση Μεταφοράς Συσχετιζόμενη με το Κεφάλι (head-related transfer functions – HRTFs). Για την ακρίβεια, οι HRTFs λαμβάνουν υπόψη τους το σχήμα του επάνω κορμού. Περαιτέρω, αντιλαμβανόμαστε ότι καθώς το σχήμα των αυτιών μας, του κεφαλιού και των ώμων διαφέρει από άτομο σε άτομο ο καθένας διαθέτει ένα προσωπικό συνδυασμό συναρτήσεων HRTFs.

Ο λόγος που αναφερθήκαμε λεπτομερώς σ' αυτήν τη διαδικασία είναι ότι τα συστήματα της εικονικής πραγματικότητας είναι συνήθως εξοπλισμένα με στερεοφωνικά ακουστικά, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μετάδοση ηχητικών σημάτων από εικονικά αντικείμενα. Αν τα σήματα αυτά δεν έχουν επεξεργαστεί από HRTFs, το ηχητικό επίπεδο θα παρουσιαστεί μέσα στο κεφάλι του χρήστη αντί να εκμεταλλευτεί την εξωτερική οπτική σκηνή. Ωστόσο, οι HRTFs βασίζονται σε γενικές συστάδες του πτερυγίου, σε μετρήσεις του κεφαλιού και του κορμού, και η επίδραση είναι μόνο κατά προσέγγιση.

## 5. Αφή

Η αίσθηση της αφής είναι σημαντική στον κόσμο της εικονικής πραγματικότητας, αφού θα ήταν χρήσιμο να έχουμε τη δυνατότητα να αγγίζουμε εικονικά αντικείμενα, να τα αισθανθούμε να δονούνται και να αλληλεπιδρούμε στο βάρος τους. Προφανώς τέτοιες αισθήσεις πρέπει να εξομοιωθούν, και για το λόγο αυτό θα ήταν χρήσιμο να κατανοήσουμε μερικούς από τους αισθητήριους μηχανισμούς που εμπλέκονται.

### 5.1. Αισθητήρες αφής

Η αφή, η πίεση και η δόνηση είναι σωματικές αισθήσεις, οι οποίες αποτελούν μηχανισμούς των νεύρων για την συλλογή αισθητήριων δεδομένων για το σώμα μας. Και οι τρεις αισθήσεις ανιχνεύονται από παρόμοιους τύπους υποδοχέων. Ο Guyton το 1991 ταξινομεί τις σωματικές αισθήσεις ως εξής:

“Οι εξωδεκτικές αισθητικές νευρικές απολήξεις είναι αυτές που προέρχονται από την επιφάνεια του σώματος. Η ιδιοδεκτικότητα έχει σχέση με τη φυσική κατάσταση του σώματος, συμπεριλαμβανομένης της αίσθησης θέσης, της αίσθησης των μυών και των τενόντων, της αίσθησης της πίεσης από το κάτω μέρος των ποδιών, ακόμα και της αίσθησης της ισορροπίας, η οποία γενικώς θεωρείται ότι είναι μια ιδιαίτερη αίσθηση παρά μια σωματική αίσθηση. Ουσιαστικά είναι η αντίληψη που επιτελείται με τη μεσολάβηση ιδιοδεκτικών υποδοχέων ή ιδιοδεκτικών ιστών. Οι σπλαχνικές αισθήσεις είναι αυτές που προέρχονται από τα σπλάχνα του σώματος. Με τον όρο αυτό εννοούμε ότι η αίσθηση προέρχεται κατευθείαν από τα εσωτερικά όργανα του σώματος. Τέλος, η βαθιά αίσθηση είναι αυτή που προέρχεται από τους βαθείς ιστούς, όπως είναι τα περιτόνια (ένα κάλυμμα ή ταινία ινώδους οστού, η οποία βρίσκεται βαθιά στο δέρμα ή επενδύει μυσ και διάφορα όργανα), οι μυσ και τα οστά. Στην περίπτωση αυτή περιλαμβάνεται η βαθιά πίεση, ο πόνος και η δόνηση.”

Οι αισθήσεις αφής αποτελούν τη μεγαλύτερη πρόκληση για τον κόσμο της εικονικής πραγματικότητας συγκριτικά με όλες τις υπόλοιπες αισθήσεις. Για το λόγο αυτό, αν θέλουμε να κεντρίσουμε τις αισθήσεις της αφής θα πρέπει να βρούμε τρόπο να διεγείρουμε το δέρμα και τους ιστούς των μυών. Οι υποδοχείς αφής περιλαμβάνουν ελεύθερες απολήξεις νεύρων, που βρίσκονται κατά μήκος όλης της επιφάνειας του δέρματος και μέσα σε συγκεκριμένους ιστούς. Το πιο αμυδρό αεράκι ή μια μύγα που προσγειώνεται για ένα κλάσμα του δευτερολέπτου μπορούν να ενεργοποιήσουν τις απολήξεις αυτές.

Εκεί που απαιτείται χωρικός διαχωρισμός και η αίσθηση της αφής είναι ζωτικής σημασίας, χρησιμοποιούνται υποδοχείς που λέγονται απτικά σωματίδια Meissner (μεσαίου μεγέθους νευρικές απολήξεις του δέρματος ιδιαίτερα τω παλαμών και των πελμάτων). Τα σωματίδια αυτά

συναντώνται κυρίως στα χείλη και στα ακροδάχτυλα. Οι τριχωτές περιοχές του δέρματος περιέχουν εκτεταμένους σωρούς απτικών υποδοχέων, που προσαρμόζονται αργά στη διέγερση – αυτό τους επιτρέπει να καταγράφουν τις καταστάσεις αγγίγματος που παρέμειναν πάνω από μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Κάθε τρίχα του δέρματός μας έχει μια ίνα νεύρου, η οποία συνδέεται με τη βάση που ονομάζεται τελικό όργανο ή τελικό δένδρullo τριχιδίων (hair end-organ). Αυτές διεγείρονται λίγο πριν το δέρμα μας έρθει σε επαφή με ένα ξένο αντικείμενο. Βαθύτερα μέσα στο δέρμα και στους ιστούς βρίσκονται τα τελικά όργανα του Ruffini, τα οποία αντιδρούν στις συνεχείς καταστάσεις παραμόρφωσης, στις συνεχείς καταστάσεις επαφής και στα σήματα πίεσης. Και τέλος, τα σωματίδια του Pacini βρίσκονται ακριβώς κάτω από το δέρμα και βαθιά μέσα στους περιτονιακούς ιστούς. Αυτοί είναι ευαίσθητοι στις δονήσεις των ιστών.

Σε μια τέτοια σειρά υποδοχέων, η διέγερση μπορεί να γίνει με μηχανολογικές ή ηλεκτρικές μεθόδους. Όταν φορέσουμε ένα γάντι το οποίο περιέχει ειδικά σημεία ενεργητικής πίεσης, αυτό θα διεγείρει τους υποδοχείς του δέρματος. Θα έχουμε ίσως τη δυνατότητα να αισθανθούμε τις δονήσεις που απορρέουν από τα γάντια, αλλά σε καμία περίπτωση δε συγκρίνεται με το να κρατάμε ή να αγγίζουμε πραγματικά ένα αντικείμενο.

Για να μπορέσουμε να αισθανθούμε το βάρος ενός εικονικού αντικειμένου, θα πρέπει με κάποιο τρόπο μερικές δυνάμεις να μεταφερθούν στα χέρια μας. Ωστόσο δεν είναι μόνο τα χέρια μας που αλληλεπιδρούν με το βάρος ενός αντικειμένου, αλλά ολόκληρο το σώμα μας. Ακόμα και τα πόδια μας και τα πέλματα των ποδιών μας συμμετέχουν στην αντίληψη μας για το βάρος του αντικειμένου.

## 6. Ισορροπία

Στην προηγούμενη ενότητα της ακοής, είδαμε ότι το εσωτερικό αυτί στεγάζει τον κοχλία, ο οποίος μετατρέπει τα κύματα πίεσης σε σήματα νευρικά. Το εσωτερικό αυτί αποτελεί επίσης την εστία για το προθαλάμιο σύστημα που δίνει την αίσθηση της ισορροπίας. Το προθαλάμιο σύστημα δίνει στον εγκέφαλο την πληροφόρηση για το αν στεκόμαστε ευθεία ή αν γέρνουμε προς μια κατεύθυνση, αν είμαστε σταθεροί ή επιταχύνουμε και γενικά, βοηθά το μυαλό να καταλάβει τη σχέση με το έδαφος. Ωστόσο, η ικανότητά μας να στεκόμαστε ίσια και να διατηρήσουμε την ισορροπία μας υποστηρίζεται επίσης από συμπληρωματικά συστήματα μυών που ανταποκρίνονται στη δύναμη της βαρύτητας.

Ο νωτιαίος μυελός συνδέεται με το μυαλό (και συγκεκριμένα με τα εγκεφαλικά κύτταρα) στο εγκεφαλικό στέλεχος, το οποίο είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο ποικίλων κινητικών και αισθητήριων λειτουργιών όπως η ισορροπία, η κίνηση του ματιού, οι γαστροεντερικές λειτουργίες, οι αυτόματες κινήσεις του σώματος, η αναπνοή και ο έλεγχος του καρδιαγγειακού συστήματος. Γενικά, αυτές οι αρχέγονες λειτουργίες μπορούν να διεξάγονται χωρίς την παρέμβαση από τα ανώτερα επίπεδα του εγκεφάλου. Ενδιαφέρον έχει επιπλέον το γεγονός ότι αν χάσουμε την ισορροπία μας, για οποιοδήποτε λόγο, όλες αυτές οι κινητικές λειτουργίες διεγείρονται και εξάπτονται. Οι χτύποι της καρδιάς και οι ρυθμοί της αναπνοής αλλάζουν, η όραση γίνεται ασταθής, και το στομάχι αντιδρά με δραματικά αποτελέσματα.

### 6.1. Ο μηχανισμός του διαδρόμου

Οι λειτουργίες που αφορούν στο μηχανισμό του διαδρόμου ανιχνεύουν την κίνηση των υγρών που συσσωρεύονται σε ποικίλα δωμάτια του εσωτερικού αυτιού. Οι κοιλότητες ασκιδίων, θυλακίων και κυστιδίων είναι υπεύθυνες για τον υπολογισμό του προσανατολισμού του κεφαλιού, που σχετίζεται με το βαρυτικό πεδίο της γης. Αυτό το καταφέρνουν καταγράφοντας τη διέγερση των μικρότερων τριχών με τη βοήθεια ενός κολλώδους υγρού, που κινείται κάθε φορά που το κεφάλι μας κινείται μπροστά, πίσω ή σε οποιαδήποτε κατεύθυνση.

Υπάρχουν τρεις ημικύκλιοι σωλήνες οι οποίοι αποτελούν ημικύκλια οστά που βρίσκονται σε απόσταση 90° το ένα από το άλλο και τα καθιστούν ικανά να αντιληφθούν την αίσθηση της κίνησης σε τρεις διαστάσεις. Όταν το κεφάλι μας περιστρέφεται, τα υγρά μέσα στους σωλήνες

μετατοπίζεται και οι μικρές τρίχες διεγείρονται. Μέσα σε ένα δευτερόλεπτο περίπου, το υγρό προλαβαίνει την κίνηση του σωλήνα. Ομοίως, όταν σταματήσουμε την περιστροφή του κεφαλιού μας, οι ίδιες τρίχες διεγείρονται. Έτσι οι σωλήνες αυτοί μετράνε την επιτάχυνση με ευαισθησία σε περίπου  $1^\circ$  ανά δευτερόλεπτο. Ωστόσο δεν ανιχνεύουν το κατά πόσο έχει χαθεί η ισορροπία. Λόγω της ευαισθησίας τους, ο πραγματικός τους ρόλος είναι να 'συμβουλευθούν' το μυαλό ότι η ισορροπία θα χαθεί αν δεν ληφθούν μέτρα εγκαίρως. Η διαδικασία αυτή δίνει χρόνο στο μυαλό να αντιδράσει με τις κατάλληλες προσαρμογές στους μυς σε όλο το σώμα, τις αντανακλαστικές κινήσεις των χεριών και η περιστροφή των ματιών με σκοπό την διατήρηση μιας σταθερής εικόνας. Είναι μια υπέροχη συμφωνία, που όμως εύκολα διαταράσσεται.

## 6.2. Ναυτία κίνησης

Πολλοί άνθρωποι είναι ευαίσθητοι σε συγκεκριμένους τύπους κίνησης και υποφέρουν από τις επιπτώσεις της ναυτίας. Στην αρχή ο άνθρωπος καταλαβαίνει ότι κάτι δεν πάει καλά και κατόπιν περνάμε στα επίπεδα της εφίδρωσης, αναταραχής στο στομάχι, έλλειψης ισορροπίας. Η τελική κατάληξη είναι η έντονη αδιαθεσία, η οποία ακολουθείται από μια περίοδο δυσλειτουργίας. Όλα αυτά αποδίδονται και οφείλονται στην έλλειψη ισορροπίας.

Η ναυτία είναι το κοινό παράπονο όταν ταξιδεύουμε σε φουρτουνιασμένη θάλασσα. Για μερικούς ανθρώπους ωστόσο, η θάλασσα δεν χρειάζεται να είναι ιδιαίτερα κυματώδης για να τους δημιουργηθεί μια αδιαθεσία. Αρκεί να χάσουν την οπτική επαφή με τον ορίζοντα για μερικά δευτερόλεπτα και αυτό είναι αρκετό για να προκαλέσει ναυτία. Άλλοι άνθρωποι αισθάνονται αδιάθετοι όταν ταξιδεύουν με το αεροπλάνο, όταν βρίσκονται μέσα σε αυτοκίνητο που κινείται ή όταν κάθονται ανάποδα σε ένα τρένο που ταξιδεύει. Είναι επίσης γνωστό ότι άνθρωποι που ξοδεύουν πολύ χρόνο σε εξομοιωτές πτήσης, ειδικά σε συστήματα που διαθέτουν πανοραμική προβολή και χωρίς πλατφόρμα κίνησης, υποφέρουν από παρόμοια προβλήματα. Μερικοί πιλότοι, που έχουν υποστεί πολλές ώρες εκπαίδευσης σε θολωτούς εξομοιωτές, αναφέρονται σε εμπειρίες εξωσωματικές, έλλειψη ισορροπίας και γενικά έλλειψη προσανατολισμού και χρειάζονται μια 24-ωρη περίοδο για πλήρη επαναπροσαρμογή.

## 6.3. Επιπτώσεις από την εικονική πραγματικότητα

Οι χρήστες των συστημάτων εικονικής πραγματικότητας πρέπει να είναι γνώστες των προβλημάτων που εισάγονται από την τεχνολογία των συστημάτων αυτών, των οθονών που παρέχουν αίσθηση εμπύθισης, των πλατφόρμων κίνησης και τα γραφικά υπολογιστή πραγματικού χρόνου, καθώς όλα αυτά μπορούν ακούσια να προκαλέσουν ναυτία κίνησης. Τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας αποκόβουν τους χρήστες από τον πραγματικό κόσμο, και έτσι τους απομονώνουν από κάποια ορόσημα όπως είναι το επίπεδο της γης και ο ορίζοντας. Το οπτικό σύστημα της εικονικής πραγματικότητας πρέπει να έχει ευθυγραμμιστεί απόλυτα σωστά. Αν για παράδειγμα, το δεξί μέρος της εικόνας περιστραφεί σε σχέση με το αριστερό μέρος αυτής, το ανθρώπινο μάτι θα προσπαθήσει να επιλύσει την κατάσταση περιστρέφοντας τη γωνία του βλέμματος. Αυτό δεν προκαλεί μόνο υπερκόπωση στα μάτια, αλλά επιπλέον μπορεί να προκαλέσει σοβαρή αδιαθεσία και ναυτία.

Οι μεγάλες πανοραμικές οθόνες, που δίνουν έντονη την αίσθηση της εμπύθισης, μπορούν να περιβάλλουν το οριζόντιο πεδίο όρασής μας, και έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν αδιαθεσία κίνησης όταν απεικονίζουν συγκεκριμένους τύπους γραφικών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι οθόνες αυτές διεγείρουν το περιφερειακό οπτικό μας πεδίο, όπου υποδείξεις stereopsis ανιχνεύονται. Αν οι εικόνες πραγματικής απόδοσης περιλαμβάνουν γρήγορες περιστροφές και ξαφνικά σταματήματα και ξεκινήματα, η αδιαθεσία κίνησης μπορεί να προκληθεί μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα.

Οι πλατφόρμες κίνησης που χρησιμοποιούνται στους εξομοιωτές πτήσης και διασκέδασης έχουν την ικανότητα να ολισθαίνουν και να περιστρέφονται σε τρεις άξονες. Οι κινήσεις αυτές ονομάζονται Βαθμοί Ελευθερίας (Degrees Of Freedom – DOF). Μερικές πλατφόρμες κίνησης έχουν τρεις DOF, ενώ άλλα είναι εντελώς φυσικά και ελεύθερα και περιλαμβάνουν έξι DOF.

Οι περιστροφικές κινήσεις είναι η περιστροφή περί τον άξονα y (roll), η περιστροφή περί τον

άξονα  $x$  (yaw) και η περιστροφή περί τον άξονα  $z$  (pitch). Οι γραμμικές κινήσεις είναι η κίνηση κατά μήκος του άξονα  $y$  (surge), η κίνηση κατά μήκος του άξονα  $x$  (heave) και η κίνηση κατά μήκος του άξονα  $z$  (sway). Οι συνηθισμένες φυσικές κινήσεις αποτελούνται από 6 DOF, ωστόσο αν μια πλατφόρμα κίνησης περιλαμβάνει 6 DOF, θα επηρεάσει πολύ πιο γρήγορα τα άτομα που πάσχουν από ναυτία κίνησης, τα οποία θα καταλάβουν αμέσως τη διαφορά. Για παράδειγμα, μια πλατφόρμα κίνησης χαμηλού κόστους μπορεί να εξαναγκάζεται στις περιστροφικές κινήσεις roll και pitch και τη γραμμική κίνηση heave, τα μάτια μας όμως ανιχνεύουν όλες τις κινήσεις roll, pitch, yaw, surge, heave και sway και το στομάχι μας αντιδρά αναλόγως. Η σύγκρουση μεταξύ σημάτων ισορροπίας που παρέχονται από το σύστημα του διαδρόμου και οι υποδείξεις κίνησης που προέρχονται από το οπτικό σύστημα θεωρείται ότι είναι η αιτία αυτής της αδιαθεσίας κίνησης.

Ευτυχώς, δεν πάσχουν όλα τα άτομα από αδιαθεσία κίνησης, ωστόσο δεν μπορούμε να παραβλέψουμε τις επιδράσεις και τις επιπτώσεις που έχει το φαινόμενο αυτό σε μερικά άτομα. Μάλιστα, με λίγη σκέψη υπάρχει η πιθανότητα να μπορέσουμε να μειώσουμε ή ακόμα και να ελαχιστοποιήσουμε τις δυσάρεστες συνέπειες.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΑ ΓΡΑΦΙΚΑ

### 1. Εισαγωγή

Η εικονική πραγματικότητα αφορά κυρίως τα τρισδιάστατα γραφικά με υπολογιστή (3D Computer Graphics), γι' αυτό το λόγο στο παρόν κεφάλαιο πρόκειται να εξερευνήσουμε μερικές από τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται για να παράγουμε έγχρωμες όψεις των εικονικών περιβαλλόντων (Virtual Environments, VEs).

Τα γραφικά με υπολογιστή είναι ένα τεράστιο κεφάλαιο, επομένως εμείς θα εξετάσουμε μόνο τα βασικά θέματα που έχουν σχέση με την εικονική πραγματικότητα. Αυτά περιλαμβάνουν την παρουσίαση των τρισδιάστατων εικονικών κόσμων, την παραγωγή μιας προοπτικής θέασης και τον χρωματισμό της εικόνας. Η κατασκευή του εικονικού περιβάλλοντος ονομάζεται modeling (μοντελοποίηση) ενώ η δημιουργία της εικόνας ονομάζεται rendering (σχηματοποίηση-απόδοση).

Αρχικά είναι σκόπιμο να δούμε κάποια ιστορικά στοιχεία για τα τρισδιάστατα γραφικά με υπολογιστή και πώς εμφανίστηκε η εικονική πραγματικότητα.

### 2. Από τα γραφικά με υπολογιστή στην εικονική πραγματικότητα

Από τη δεκαετία του 1960 οι ψηφιακοί υπολογιστές άρχισαν να κάνουν την εμφάνισή τους σε εμπορικούς οργανισμούς και σε εκπαιδευτικά ιδρύματα. Τα μηχανήματα ήταν τεράστια, συνήθως χρειάζονταν ειδικό κλιματισμό και πολυάριθμο προσωπικό φόρτωνε διάτρητες κάρτες, μαγνητικές ταινίες και χαρτί στους εκτυπωτές. Το μέγεθος της μνήμης έφτανε μονάχα μερικά kilobytes με αποτέλεσμα ένας υπολογιστής 32KB να στοιχίζει περίπου \$100.000.

Στην αρχή το μόνο περιφερειακό για γραφικά ήταν ο graph plotter (σχεδιοποιητής γραφικών) ο οποίος σχεδίαζε γραμμές στο χαρτί με τη βοήθεια στυλό με μπίλια ή πέννας με μελάνι. Το μέγεθος αυτών των συσκευών κυμαινόταν από 12 ίντσες μέχρι μερικά πόδια και η ταχύτητα σχεδίασης βρισκόταν ανάμεσα σε 3cm/sec και σε 100cm/sec. Κάποια σχέδια χρειάζονταν μερικά λεπτά για να γίνουν ενώ άλλα απαιτούσαν τουλάχιστον μια ώρα. Παρόλα αυτά, από τότε υπήρχε η πεποίθηση ότι οι υπολογιστές θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να εκφράσουν κίνηση (animation).

Για τη δημιουργία μιας δυναμικής ακολουθίας με κίνηση ένα πρόγραμμα είχε σχεδιαστεί να ζωγραφίζει κάθε ανεξάρτητο πλαίσιο (frame) πάνω σε μια επιφάνεια, η οποία στη συνέχεια βαφόταν και φωτογραφιζόταν. Αυτή ήταν μια πολύ βαρετή διαδικασία αλλά καθιστούσε τον υπολογιστή ένα επαναστατικά δημιουργικό εργαλείο.

Στη δεκαετία του 1970 η αποθηκευτική ηλεκτρονική λυχνία (storage tube) μετασχημάτισε τα γραφικά προσφέροντας μια υψηλής ανάλυσης οθόνη για αναπαράσταση μονόχρωμων (πράσινων) γραμμικών σχεδίων. Το βασικό μειονέκτημα της συσκευής αυτής ήταν ότι ο μόνος τρόπος για να σβήσει κάποιος ένα μέρος της οθόνης ήταν να σβήσει ολόκληρη την οθόνη. Έτσι αυτή ήταν άχρηστη για οποιασδήποτε μορφής κινούμενη εικόνα. Τα περιεχόμενα της οθόνης μπορούσαν να μεταφερθούν σε χαρτί χρησιμοποιώντας έναν ειδικό θερμικό εκτυπωτή.

Οι οθόνες βίντεο (video displays) προώθησαν την τεχνολογία της τηλεόρασης ώστε να χρησιμοποιεί σήμα βίντεο προκειμένου να παραχθεί μια εικόνα που αποτελείται από χρωματισμένες κουκίδες και γραμμές. Η τεχνολογία βίντεο τελικά όρισε ένα μηχανισμό για επιλεκτικό σβήσιμο στην οθόνη και απλής μορφής κίνηση.

Όσο η μνήμη των υπολογιστών γινόταν πιο φθηνή και πιο μεγάλη, στα μέσα της δεκαετίας του 1970 εμφανίστηκε ο αποθηκευτής πλαισίων (frame-store). Αυτός ήταν ικανός να αποθηκεύει μια εικόνα σε μορφή πίνακα εικονοστοιχείων (picture elements, pixels) και άνοιξε τον δρόμο για την δημιουργία εικόνων με σκιάσεις και διάφορες αποχρώσεις. Βέβαια, ακόμα χρειάζονταν μερικά λεπτά για να δημιουργηθούν οι εικόνες ενώ άλλες απαιτούσαν τουλάχιστον μια ώρα ώστε να αποτελούν την έξοδο κασετών και εγγραφών βίντεο.

Οι αλγόριθμοι shading (αποχρώσεων) εμφανίστηκαν κυρίως από τους Gouraud και Phong, και οι αλγόριθμοι χαρτογράφησης υφής (texture mapping) από τον James Blinn. Άλλα θέματα, όπως οι σκιάς, οι αφαίρεση των κρυμμένων επιφανειών, η χαρτογράφηση του περιβάλλοντος και οι στρατηγικές μοντελοποίησης απασχολούσαν τότε τους ερευνητές στη Αγγλία και στην Αμερική.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1970, ο Ivan Sutherland πειραματίστηκε πάνω σε απλές γεννήτριες εικόνες πραγματικού χρόνου οι οποίες ενδιέφεραν την βιομηχανία προσομοίωσης πτήσεων (flight simulation). Έτσι, η συγκεκριμένη βιομηχανία ήταν η πρώτη η οποία ανέπτυξε τεχνικές εικονικής πραγματικότητας χωρίς να το έχει συνειδητοποιήσει. Γι' αυτούς τα γραφικά πραγματικού χρόνου ήταν απλώς μια προσομοίωση και έπρεπε να περάσουν μερικά χρόνια μέχρι ο Jaron Lanier να εισάγει τον όρο "εικονική πραγματικότητα".

Από το 1965 ο Ivan Sutherland είχε καταλάβει ότι οι υπολογιστές είχαν να παίξουν σημαντικό ρόλο στα γραφικά πραγματικού χρόνου και αυτό αποδεικνύεται από τη δουλειά του πάνω στις συσκευές HMD (Head Mounted Display, οθόνη προσαρμοσμένη στο κεφάλι). Βέβαια, όπως οι περισσότερες εφευρέσεις και επινοήσεις, χρειάστηκαν 10 με 20 χρόνια για να γίνουν εφαρμογή οι ιδέες του. Έτσι, αργότερα άρχισαν να εμφανίζονται αξιόλογες εφαρμογές όπως το γάντι με αίσθηση κάμψης των Dan Sandin και Richard Sayre το 1977, το σύστημα εντοπισμού (tracking system) Polhemus το 1979 και το διαδραστικό βίντεο του Andy Lippman το 1980 στο οποίο μπορούσε κάποιος να οδηγήσει στους δρόμους του Aspen. Το 1982 ο Thomas Zimmerman δημιούργησε ένα γάντι δεδομένων με οπτικούς αισθητήρες και το 1983 ο Mark Callahan έφτιαξε στο MIT μια συσκευή HMD με την οποία υπήρχε η θέα και του πραγματικού κόσμου (augmented reality, επαυξημένη πραγματικότητα).

Κατά τη διάρκεια αυτής της δημιουργικής περιόδου ανακαλύψαν και εφευρέσεων πολλές εταιρίες πρωτοπόρησαν στην ανάπτυξη συσκευών και λογισμικού εικονικής πραγματικότητας. Οι σημαντικότερες ήταν οι VPL Research Inc., W Industries Ltd., Division Ltd., Fakespace Inc., Polhemus, Virtual Research, Reflection Technologies, Sense8 Corporation και η Superscape Ltd..

### 3. Αντικείμενα μοντελοποίησης

Οι τεχνικές γραφικών στον υπολογιστή έχουν αναπτυχθεί για να οπτικοποιούν ένα μεγάλο φάσμα προβλημάτων και εφαρμογών. Για να σχεδιαστούν τόσα πολλά διαφορετικά αντικείμενα έχει αναπτυχθεί μια σειρά από εργαλεία τα οποία ανταποκρίνονται στις ξεχωριστές σχεδιαστικές απαιτήσεις κάθε εφαρμογής.

Ένα από τα πιο απλά σχεδιαστικά στοιχεία είναι μια επίπεδη επιφάνεια ή πολύγωνο. Για παράδειγμα, για να μοντελοποιηθεί ένα ορθογώνιο κουτί απαιτούνται έξι πολύγωνα για να ορίσουν την επιφάνειά του. Τα πολύγωνα είναι ιδανικά για την κατασκευή των συνηθισμένων αντικειμένων όπως δωμάτια, γραφεία, σκεύη κτλ., αλλά δεν χρησιμεύουν όταν θέλουμε να μοντελοποιήσουμε τα σύννεφα ή την ομίχλη.

Τα πολύγωνα και τα τρίγωνα είναι πολύ εύκολο να επεξεργαστούν από τον υπολογιστή και είναι δυνατό να δημιουργηθούν οι έγχρωμες εικόνες (rendering) εξαιρετικά γρήγορα. Άλλες μέθοδοι μπορεί να μοντελοποιούν ακριβέστερα τα αντικείμενα αλλά κατά κανόνα υστερούν στο χρόνο του rendering ο οποίος σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου είναι πολύ σημαντικός παράγοντας.

Το rendering υψηλής ταχύτητας είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχία ενός συστήματος εικονικής πραγματικότητας. Εάν υπάρχει οποιαδήποτε καθυστέρηση στην παραγωγή των έγχρωμων εικόνων τις οποίες βλέπει ο χρήστης, τότε η ψευδαίσθηση της βύθισης και της παρουσίας μέσα στο εικονικό περιβάλλον χάνεται. Επομένως, η πλειοψηφία των συστημάτων εικονικής πραγματικότητας μοντελοποιεί το εικονικό περιβάλλον με πολύγωνα ή με τρίγωνα. Ανάμεσα στα δυο, τα τρίγωνα είναι προτιμητέα καθώς είναι καθορισμένα και επίπεδα. Αντίθετα, ένα πολύγωνο με τέσσερις ή περισσότερες πλευρές μπορεί να διπλωθεί με αποτέλεσμα να προκύψουν λάθη στη φάση του rendering.

Τα αντικείμενα του πραγματικού κόσμου είναι τρισδιάστατα και επομένως απαιτούνται τρεις



μετρήσεις για να οριστεί η θέση του στο χώρο. Ομοίως, όταν περιγράφουμε ένα πολύγωνο για ένα εικονικό περιβάλλον, κάθε κορυφή χρειάζεται τρεις μετρήσεις για να προσδιοριστεί σχετικά με ένα σημείο αναφοράς.

Πιο πολύπλοκα αντικείμενα μπορεί να χρειάζονται εκατοντάδες, χιλιάδες ή ακόμα και εκατοντάδες χιλιάδες συντεταγμένες, γεγονός που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα επεξεργασίας από τον υπολογιστή του συστήματος εικονικής πραγματικότητας. Ο αριθμός των συντεταγμένων που απαιτούνται είναι ανάλογος της πολυπλοκότητας του εικονικού περιβάλλοντος και όσο πιο μεγάλος είναι τόσο πιο χρονοβόρο γίνεται το rendering της εικόνας. Επομένως, είναι επίσης σημαντικό το εικονικό περιβάλλον να διατηρείται όσο απλούστερο γίνεται σε σχέση βέβαια με τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής.

Διάφορα αντικείμενα εμφανίζουν διαφορετικού βαθμού συμμετρία. Για να απλοποιηθεί η αναπαράσταση τέτοιων αντικειμένων μέσα στον υπολογιστή, έχουν αναπτυχθεί ειδικά εργαλεία μοντελοποίησης τα οποία υλοποιούν αυτή τη διαδικασία. Μια κλάση συμμετρίας αποτελούν τα αντικείμενα που εμφανίζουν συμμετρία περί άξονα. Πολλά αντικείμενα όπως κούπες, τσαγιέρες, ρόδες κλπ. μπορούν να μοντελοποιηθούν αφού πρώτα σχεδιαστεί μια απλή καμπύλη περιγράμματος και στη συνέχεια γυρίσει γύρω από έναν άξονα ώστε να προκύψει η επιφάνεια.

Παρά το γεγονός ότι τα εργαλεία μοντελοποίησης επιτρέπουν την κατασκευή οποιουδήποτε αντικειμένου από το μηδέν, παρέχουν ωστόσο στο χρήστη πρόσβαση σε βιβλιοθήκες με προκατασκευασμένα αντικείμενα. Μια απλή βιβλιοθήκη μπορεί να περιλαμβάνει μια ποικιλία κουτιών, πυραμίδων, σφαιρών, κυλίνδρων, κώνων κλπ. Αλλά κάποιες πιο ανεπτυγμένες βιβλιοθήκες είναι δυνατό να περιέχουν εκατοντάδες από τρισδιάστατα αντικείμενα ή ακόμα και ολόκληρους εικονικούς κόσμους.

#### **4. Δυναμικά αντικείμενα**

Η βασική ιδέα της εικονικής πραγματικότητας είναι να επιτρέπει στον χρήστη να ταξιδέψει και να αλληλεπιδράσει σε ένα εικονικό περιβάλλον. Όταν ο χρήστης βρίσκεται μέσα στο εικονικό περιβάλλον τότε μπορεί να προσεγγίσει και να αγγίξει κάποια πολύγωνα καθώς και να τα μετακινήσει. Αυτό βέβαια δεν θα συμβεί εάν το εικονικό περιβάλλον δεν κατασκευάστηκε έτσι ώστε να προσφέρει αυτές τις δυνατότητες. Για παράδειγμα, αν ο χρήστης επιθυμεί να μετακινήσει κάποιες κορυφές τότε αυτές θα πρέπει να έχουν καταχωρηθεί σε μια βάση δεδομένων κατά τη διάρκεια της φάσης μοντελοποίησης. Είναι προφανές ότι δεν συνηθίζεται να παρέχεται στον χρήστη απεριόριστη ελευθερία για αλλαγές γιατί αυτό ίσως οδηγούσε σε αλλοίωση του εικονικού περιβάλλοντος.

Στη περίπτωση που ο χρήστης θέλει να αλλάξει τη θέση ενός τριγώνου πρέπει να σιγουρευτούμε ότι το συγκεκριμένο τρίγωνο δεν έχει κοινές έδρες με άλλα τρίγωνα. Όταν μια έδρα μοιράζεται τότε δεν μπορεί να μετακινηθεί γιατί δεν έχει μια ανεξάρτητη ταυτότητα.

Όταν ο χρήστης χρειάζεται να μετακινήσει ένα ολόκληρο αντικείμενο όπως για παράδειγμα μια καρέκλα, τότε κάποια υποπρογράμματα ενημερώνουν τη βάση δεδομένων του εικονικού κόσμου. Επιπλέον, όταν ένας χρήστης νιώθει την αίσθηση της βύθισης μέσα σε ένα εικονικό περιβάλλον και απλώνει το εικονικό του χέρι για να αλληλεπιδράσει με αυτό, τότε πρέπει να εξεταστεί μια συνθήκη σύγκρουσης με τα γύρω αντικείμενα ούτως ώστε το περιβάλλον να είναι ρεαλιστικό και να μη παρουσιάζονται φαινόμενα όπως το να περνάει ο χρήστης μέσα από τοίχους.

#### **5. Περιορισμοί κίνησης**

Μερικά αντικείμενα μπορεί να έχουν απεριόριστη ελευθερία κινήσεων ενώ άλλα υποκύπτουν σε κάποιας μορφής περιορισμούς. Για παράδειγμα το ακουστικό ενός τηλεφώνου θα μπορούσε να χειριστεί από κάποιον ελεύθερα αλλά από την άλλη μεριά μια πόρτα που ανοίγει σε ένα δωμάτιο θα πρέπει να είναι περιορισμένη αν θέλουμε η κίνησή της να φαίνεται ρεαλιστική και να μη γυρίζει σε οποιοδήποτε τυχαίο άξονα.

Φανταστείτε ένα χρήστη να βρίσκεται βυθισμένος μέσα στο εικονικό περιβάλλον και βλέπει

μπροστά του μια πόρτα. Όπως πλησιάζει τη πόρτα, το εικονικό του χέρι συγκρούεται με τη γεωμετρία των συντεταγμένων της πόρτας. Αυτό γίνεται αντιληπτό από τον κεντρικό υπολογιστή ο οποίος επιτρέπει στο χρήστη να ανοίξει τη πόρτα με κάποια συγκεκριμένη χειρονομία του χεριού του. Εάν ενδεχομένως ο χρήστης προσπαθήσει να ανοίξει τη πόρτα σε μεγαλύτερη γωνία από την επιτρεπόμενη, το σύστημα απλά δεν θα επιτρέψει αυτή η πράξη να έχει αποτέλεσμα. Στη περίπτωση που δε συμβεί αυτό, τότε οι καρέκλες και οι πόρτες θα μπορούσαν να πετάξουν ή να στέκονται στους τοίχους, πράγμα καθόλου ρεαλιστικό.

## 6. Ανίχνευση σύγκρουσης (Collision Detection)

Αφού ήρθαμε σε επαφή με την ιδέα της εικονικής σύγκρουσης, τώρα μπορούμε να εξηγήσουμε κάποιες περισσότερες λεπτομέρειες. Αρχικά, ας φανταστούμε μια εικονική τσαγιέρα η οποία έχει χερούλι, εκροή και καπάκι. Αυτό το αντικείμενο μοντελοποιείται με περίπου 100 τρίγωνα. Μία μέθοδος για να υλοποιήσουμε την ανίχνευση σύγκρουσης είναι να περιβάλλουμε τη τσαγιέρα με ένα αόρατο κουτί το οποίο λέγεται όγκος σύγκρουσης (collision volume) και αποθηκεύεται εντός της βάσης δεδομένων παραπλευρώς της γεωμετρίας της επιφάνειας της τσαγιέρας. Εάν σηκώσουμε τη τσαγιέρα με την ανίχνευση σύγκρουσης ενεργοποιημένη, η τσαγιέρα αρχικά θα κινηθεί ελεύθερα. Όταν όμως πλησιάσει αρκετά στον όγκο σύγκρουσης ενός άλλου αντικειμένου τότε ο υπολογιστής θα ανιχνεύσει τις συντεταγμένες των όγκων σύγκρουσης οι οποίοι βρίσκονται σε επαφή ή επικαλύπτονται. Εκείνη τη στιγμή ένας αριθμός γεγονότων συμβαίνει. Αρχικά, η επικάλυψη αποτρέπεται ανεξάρτητα από τον τρόπο κίνησης του χρήστη. Στη συνέχεια θα μπορούσε το χρώμα της τσαγιέρας να αλλάξει για να δηλώσει ότι μια σύγκρουση έχει λάβει χώρα ή η τσαγιέρα να αναγκάσει ένα άλλο αντικείμενο να αλλάξει θέση.

Εάν ο όγκος σύγκρουσης της τσαγιέρας είναι ένα απλό κουτί τότε δε μπορούμε να περιμένουμε και πολύ ρεαλιστικά αποτελέσματα όταν συμβαίνουν συγκρούσεις. Για παράδειγμα, εάν κινηθούμε αργά τη τσαγιέρα προς ένα φλιτζάνι, κάποια στιγμή οι όγκοι σύγκρουσής τους θα έρθουν σε επαφή. Εάν συνεχίσουμε, η τσαγιέρα θα παραμερίσει το φλιτζάνι αλλά δεν θα φαίνεται ότι βρίσκονται σε επαφή αφού τα πολύγωνα τους δεν θα ακουμπάνε μεταξύ τους παρά μόνο οι όγκοι σύγκρουσης. Μπορεί σε αυτό το παράδειγμα το πρόβλημα να μην είναι ζωτικής σημασίας, όμως σε μια εμπορική εφαρμογή για μηχανικούς κάτι τέτοιο ίσως να ήταν καταστροφικό.

Για μεγαλύτερη ακρίβεια στις ανιχνεύσεις συγκρούσεων ο σχεδιαστής θα πρέπει να τοποθετήσει τους όγκους σύγκρουσης γύρω από κάθε κομμάτι του αντικειμένου ξεχωριστά. Εάν αυτό δεν είχε το απαιτούμενο αποτέλεσμα τότε θα έπρεπε να τοποθετηθούν όγκοι σύγκρουσης γύρω από ανεξάρτητα πολύγωνα ενώ στη χειρότερη των περιπτώσεων υπάρχουν στρατηγικές ανίχνευσης σύγκρουσης σε επίπεδο ακμών και κορυφών.

## 7. Προοπτικές όψεις

Έχοντας εξετάσει τα θέματα που αφορούν στη δημιουργία εικονικού περιβάλλοντος χρησιμοποιώντας συντεταγμένες, στο παρόν κεφάλαιο θα δούμε πως μπορεί να αναπτυχθεί μια προοπτική όψη. Αν και τα μαθηματικά που περιγράφουν τη διαδικασία είναι πολύ απλά, είναι προτιμότερο να επεξηγηθούν οι έννοιες με οπτικό τρόπο για καλύτερη κατανόηση.

Ας φανταστούμε ότι βρισκόμαστε μέσα σε ένα δωμάτιο και κοιτάμε έξω από ένα παράθυρο. Έξω από το κτίριο βλέπουμε δέντρα, σπίτια, δρόμους και σύννεφα. Αν θελήσουμε να σχεδιάσουμε αυτή την όψη και να αποδώσουμε τα διαφορετικά αντικείμενα της σκηνής με προοπτική τότε πρέπει να τηρηθεί η ακόλουθη διαδικασία. Αρχικά πρέπει να πάρουμε ένα μαρκαδόρο, να κάσουμε σε απόσταση ενός χεριού από το παράθυρο και να κοιτάμε ακριβώς απέναντι. Στη συνέχεια, χωρίς να κουνάμε το κεφάλι μας θα πρέπει να σχεδιάσουμε πάνω στο τζάμι τα περιγράμματα των αντικειμένων ακριβώς στο σημείο που τα βλέπουμε. Με αυτό τον τρόπο τα αντικείμενα που βρίσκονται πιο μακριά θα έχουν σχεδιαστεί μικρότερα.

Αυτό που σχεδιάσαμε αποτελεί την προοπτική όψη της εξωτερικής σκηνής και είναι παρόμοια με μια φωτογραφία από κάμερα. Προφανώς, η όψη που ζωγραφίσαμε στο παράθυρο

εξαρτάται και από τη θέση του κτιρίου μας. Όσο πιο ψηλά βρισκόμαστε τόσο περισσότερο βλέπουμε τις κορυφές των εξωτερικών αντικειμένων και όσο μακρύτερα είμαστε τόσο μικρότερα βλέπουμε τα αντικείμενα.

Τώρα μπορούμε να εξηγήσουμε με απλό τρόπο το παραπάνω παράδειγμα και να δείξουμε πως γίνεται η υλοποίηση μέσα στον υπολογιστή. Κάποιος απλώς χρειάζεται να προβάλει την τρισδιάστατη βάση δεδομένων με τις συντεταγμένες μέσα από ένα φανταστικό παράθυρο το οποίο ονομάζεται 'επίπεδο εικόνας' (picture plane) και να τις μετασχηματίσει σε μια πλατιά εικόνα.

## 8. Τρισδιάστατη αποκοπή (3D clipping)

Όταν κοιτάμε έξω από το παράθυρο μπορούμε να δούμε μόνο τα αντικείμενα τα οποία βρίσκονται μπροστά μας. Οι τοίχοι μας κρύβουν διάφορα αντικείμενα και περιορίζουν το οπτικό μας πεδίο. Η απόκρυψη της άχρηστης πλεονάζουσας πληροφορίας για τα αντικείμενα εκτός οπτικού πεδίου είναι σημαντική για τον περιορισμό του φόρτου εργασίας του υπολογιστή.

Η παραπάνω διαδικασία απόκρυψης ονομάζεται τρισδιάστατη αποκοπή (3D clipping) και συνήθως υλοποιείται με ειδικό hardware για την επίτευξη υψηλής ταχύτητας παρά με software.

Στη συνέχεια ας φανταστούμε ότι ο χρήστης ενός συστήματος εικονικής πραγματικότητας βρίσκεται μέσα σε ένα εικονικό σπίτι. Καθώς κοιτάζει προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση, τα αντικείμενα που βρίσκονται πίσω του αποκόπτονται από το οπτικό του πεδίο. Μόλις γυρίσει στην αντίθετη κατεύθυνση η κατάσταση αντιστρέφεται. Το πιο επίπονο για το clipping software είναι η αλλαγή δωματίων όπου στιγμιαία αλλάζει ριζικά ο χάρτης των πολυγώνων τα οποία αποκόπτονται.

## 9. Στερεοσκοπική όραση

Οι περισσότερες μορφές ζωής έχουν δύο μάτια. Οι δύο όψεις δίνουν διευρυμένο οπτικό πεδίο και βοηθάνε στην αντίληψη του βάθους. Επειδή η εικόνα λαμβάνεται από δύο διαφορετικά σημεία του χώρου, ο εγκέφαλος χρησιμοποιεί αυτές τις διαφορές για να δημιουργήσει μια απλή εικόνα που περιέχει πληροφορία βάθους. Αυτό ονομάζεται στερεοσκοπική όραση.

Προφανώς το οπτικό σύστημα του ανθρώπου είναι στερεοσκοπικό και το γεγονός αυτό μας επιτρέπει να αναπτύσσουμε δραστηριότητες οι οποίες απαιτούν επιδεξιότητα και ακρίβεια ή να εκτιμούμε την απόσταση ενός αυτοκινήτου που μας προσεγγίζει.

Η στερεοσκοπική αίσθηση δημιουργείται μέσα σε ένα εικονικό περιβάλλον. Το σύστημα παράγει δυο όψεις του εικονικού κόσμου, μία για κάθε μάτι. Αυτό προϋποθέτει ότι το software που αναλαμβάνει την στερεοσκοπία έχει δεχθεί ως είσοδο την απόσταση των ματιών του χρήστη. Αυτή η απόσταση διαφέρει από άτομο σε άτομο αλλά μια ικανοποιητική μέση τιμή είναι τα 6.5cm. Δηλαδή το software παράγει μια όψη 3.25cm αριστερά από το κέντρο της προσοχής μας και άλλη μια όψη 3.25cm προς τα δεξιά. Επομένως για κάθε εικόνα ο υπολογιστής κάνει διπλό rendering λόγω στερεοσκοπίας.

## 10. Χρώματα

Το ανθρώπινο μάτι δειγματοληπτεί το οπτικό φάσμα σε τρεις επικαλυπτόμενες ζώνες συχνοτήτων οι οποίες παρουσιάζουν μέγιστο βαθμό ευαισθησίας στις περιοχές του κόκκινου, του πράσινου και του μπλε χρώματος. Αυτά τα χρώματα έχουν επιλεγεί ως τα τρία βασικά προσθετικά χρώματα για την ανάμειξη πηγών φωτός ενώ το κίτρινο, το κυανό και το πορφυρό για την ανάμειξη βαφών ζωγραφικής.

Οι υπολογιστές χρησιμοποιούν μείγματα κόκκινου, πράσινου και μπλε (RGB) για να περιγράψουν το χρώμα σε αναλογίες που δηλώνονται από μια τριάδα αριθμών στο διάστημα [0,1]. Έτσι, η RGB τριπλέτα (0,0,0) αντιπροσωπεύει το μαύρο χρώμα και η (1,1,1) το λευκό χρώμα.

Είναι γεγονός ότι ο παραπάνω τρόπος αναπαράστασης δεν είναι και τόσο διαισθητικός με αποτέλεσμα να είναι αρκετά επίπονη η εύρεση συγκεκριμένου χρώματος. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται επιπλέον και ο χώρος HSV ο οποίος περιγράφει την απόχρωση (Hue), την καθαρότητα (Saturation) και την τιμή (Value). Αρχικά ένας αριθμός στο διάστημα  $[0,1]$  καθορίζει μια συγκεκριμένη απόχρωση. Στη συνέχεια ένας άλλος αριθμός απαριθμεί την καθαρότητα ελέγχοντας το ποσοστό του λευκού φωτός στο χρώμα. Τέλος, η τιμή αναπαριστά τη φωτεινότητα του μείγματος.

## 11. Πηγές φωτός

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία πηγών φωτός οι οποίες χρησιμοποιούνται για να προσδώσουν μεγαλύτερο βαθμό ρεαλισμού στο εικονικό περιβάλλον. Για παράδειγμα υπάρχει το διάχυτο φως, το άμεσο φως, το φως ενός σταθερού σημείου και το παράλληλο φως. Το διάχυτο φως αποτελεί ένα φως υποβάθρου το οποίο δεν έχει κατεύθυνση παρά μόνο χρώμα και πυκνότητα. Στους υπολογισμούς φωτός χρησιμοποιείται σαν ένας σταθερός παράγοντας και αποτελεί περίπου το 25% της συνολικής ποσότητας φωτός. Ένα εικονικό άμεσο φως προσομοιώνει τις ιδιότητες ενός πραγματικού και έχει θέση, κατεύθυνση, γωνία απόκλισης δέσμης, χρώμα και πυκνότητα. Επιπλέον, μια πηγή φωτός σταθερού σημείου είναι ένα σημείο στο χώρο το οποίο διαχέει το φως προς όλες τις κατευθύνσεις ενώ μία πηγή παράλληλου φωτός εκπέμπει φως σε μια κατεύθυνση σαν να βρισκόταν σε μια απομακρυσμένη θέση, όπως για παράδειγμα ο ήλιος.

Τα φώτα μπορούν να κινηθούν μέσα στο εικονικό περιβάλλον και να τοποθετηθούν στο εικονικό χέρι του χρήστη ώστε να προσομοιώσουν ένα φακό. Αφού τα φώτα αποθηκεύονται ως αριθμητικές ποσότητες μέσα στο σύστημα εικονικής πραγματικότητας, οι αριθμοί μπορεί να είναι είτε αρνητικοί είτε θετικοί. Μια θετική τιμή πυκνότητας φωτός αντιστοιχεί σε φυσιολογική πηγή φωτισμού ενώ μια αρνητική τιμή αναπαριστά πηγή σκότους. Αυτό δεν έχει κάτι αντίστοιχο στον πραγματικό κόσμο αλλά αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στους εικονικούς κόσμους.

## 12. Μοντελοποίηση (modeling)

Μοντελοποίηση (modeling) ονομάζεται η διαδικασία περιγραφής ενός αντικειμένου ή σκηνής με τελικό σκοπό τη σχεδιάσή του. Επομένως τα μοντέλα είναι λογικό να δημιουργούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι εύκολο να σχεδιαστούν. Ένα μοντέλο τρισδιάστατων γραφικών μιας γέφυρας μπορεί να διαφέρει σε μεγάλο βαθμό από ένα μοντέλο μηχανικού της ίδιας γέφυρας το οποίο υπολογίζει τις δυνάμεις, τις ροπές κτλ.. Η μοντελοποίηση είναι δυνατό να περιγράψει τα πάντα σε μια σκηνή, όπως για παράδειγμα τα φώτα και τη κάμερα, αλλά στην αρχή είναι πιο εύκολο να εξετάσουμε τη μοντελοποίηση των αντικειμένων.

### 12.1. Τύποι μοντέλων

Όπως εύκολα μπορεί να φανταστεί κάποιος, οι προγραμματιστές έχουν ανακαλύψει πολλούς τρόπους για να περιγράψουν τρισδιάστατα αντικείμενα στον υπολογιστή. Οι τύποι μοντέλων στα οποία εμείς θα αναφερθούμε είναι οι ορισμένες επιφάνειες (explicit surfaces), οι ασαφείς επιφάνειες (implicit surfaces), η μοντελοποίηση CGS (Constructive Solid Geometry), η υποδιαίρεση χώρου (Space Subdivision) και τα διαδικαστικά μοντέλα (Procedural Models).

#### 12.1.1. Ορισμένες επιφάνειες (explicit surfaces)

Τα περισσότερα αντικείμενα στο κόσμο είναι αδιαφανή και επομένως το μόνο που βλέπουμε σε αυτά είναι η επιφάνειά τους. Η επιφάνεια είναι ευκολότερο να περιγραφεί από τον όγκο και συγχρόνως η πλειοψηφία του hardware το οποίο είναι εξειδικευμένο στο τρισδιάστατο rendering μπορεί να σχεδιάσει μόνο επιφάνειες. Η μέθοδος rendering ray tracing από τη φύση της διαχειρίζεται όγκους αλλά η μέθοδος υλοποιείται προς το παρόν μόνο με software.

Ένα μοντέλο είναι ορισμένης επιφάνειας όταν υπάρχει ολοκληρωμένη και ακριβής λίστα για

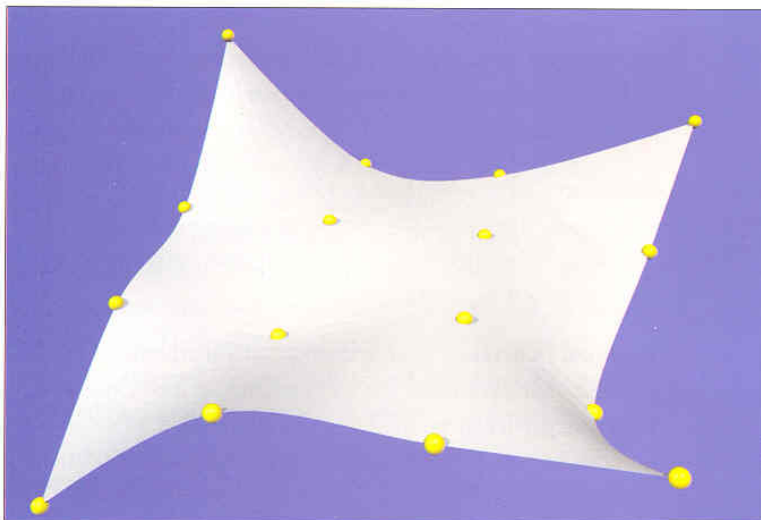
όλα τα στοιχεία τα οποία απαρτίζουν την επιφάνεια.

Η επικρατούσα μέθοδος για μοντελοποίηση επιφανειών είναι η χρήση πολυγώνων. Πολλά αντικείμενα έχουν πλατιές επιφάνειες με ευθείες έδρες. Αυτά τα αντικείμενα μπορούν να μοντελοποιηθούν αμέσως με πολύγωνα. Οι καμπύλες επιφάνειες βέβαια αποτελούν μεγαλύτερη πρόκληση. Μια καμπύλη επιφάνεια διαχωρίζεται σε ένα σύνολο συννορευόντων πολυγώνων, συχνά τρίγωνα ή τετράπλευρα. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται tessellation (δημιουργία ψηφιδωτού). Η διάσπαση της επιφάνειας σε πολλά μικρά πολύγωνα οδηγεί σε πιο ρεαλιστική μοντελοποίηση από την περίπτωση της διάσπασης σε λίγα και μεγάλα πολύγωνα. Από την άλλη μεριά, ο μεγαλύτερος αριθμός πολυγώνων απαιτεί περισσότερη μνήμη και περισσότερο χρόνο επεξεργασίας και σχεδίασης. Το επίπεδο κατάτμησης το οποίο επιλέγουμε ονομάζεται tessellation level.

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να διευκρινιστεί ότι τα μοντέλα με πολύγωνα δεν είναι απαραίτητα να φαίνονται με ασυνέχειες και πλατιές επιφάνειες. Αντιθέτως υπάρχουν αλγόριθμοι rendering οι οποίοι ομαλοποιούν τις επιφάνειες των μοντέλων με διάφορες τεχνικές.

Αρκετές μαθηματικές συναρτήσεις περιγράφουν εύκολα συγκεκριμένους τύπους καμπύλων επιφανειών. Όμως εμάς μας ενδιαφέρει η μοντελοποίηση μικρών περιοχών που είναι τμήματα των επιφανειών όμοια με την κατάτμηση των επιφανειών σε πολύγωνα. Η διαφορά της χρησιμοποίησης καμπύλων κομματιών αντί πολυγώνων είναι ότι χρειαζόμαστε λιγότερα για να μοντελοποιήσουμε την ίδια επιφάνεια. Ελάχιστες μέθοδοι rendering γραφικών μπορούν να σχεδιάσουν απευθείας τα καμπύλα κομμάτια και σχεδόν κανένα hardware τρισδιάστατων γραφικών, με αποτέλεσμα να τα μετασχηματίζουν σε πολύγωνα. Τελικά όμως η χρησιμοποίηση των καμπύλων κομματιών έχει το πλεονέκτημα ότι το μοντέλο είναι πιο συμπαγές και πιο ακριβές ενώ η μετατροπή σε πολύγωνα δεν είναι χρονοβόρος. Επιπλέον, το tessellation level δεν ορίζεται από το μοντέλο με συνέπεια ο χρήστης να μπορεί να επιλέξει ανάμεσα στη ταχύτητα και στην ακρίβεια της εικόνας ανάλογα με την εφαρμογή. Δύο καμπύλα κομμάτια που χρησιμοποιούνται είναι διτετράγωνο (biquadratic) και το δικυβικό (bicubic).

Μια επιφάνεια spline είναι μια καμπύλη επιφάνεια της οποίας η μαθηματική εξίσωση ορίζεται από ένα σύνολο σημείων ελέγχου στο τρισδιάστατο χώρο. Η επιφάνεια παίρνει καμπύλη μορφή ανάλογα με τη θέση των σημείων ελέγχου. Το σχήμα που ακολουθεί μας δείχνει πώς η καμπύλη διασχίζει τα σημεία ελέγχου.



Εικόνα 1: Δημιουργία τρισδιάστατης επιφάνειας spline από 16 σημεία ελέγχου.

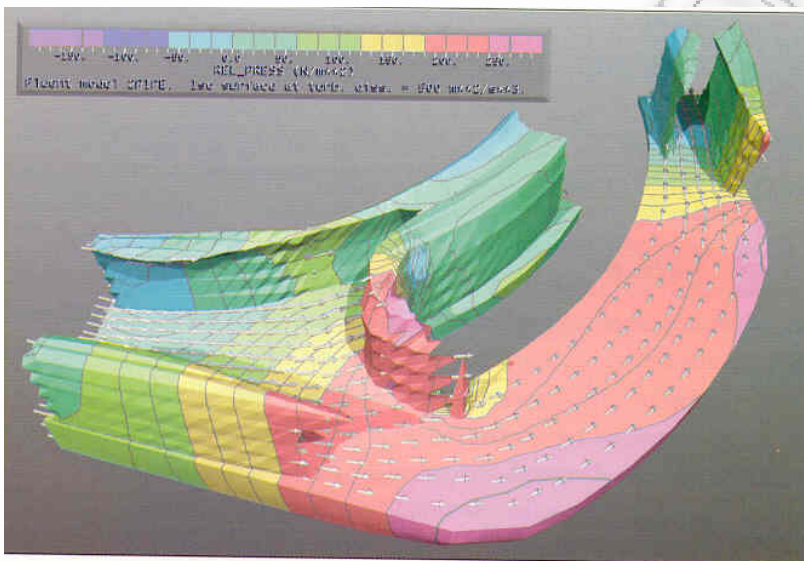
Υπάρχουν πολλοί μαθηματικοί τρόποι για να δημιουργηθεί μια ομαλή επιφάνεια από ένα σύνολο σημείων ελέγχου. Διαφέρουν ως προς τις ιδιότητες της σχηματισμένης καμπύλης και

από το πόσο στενά ή χαλαρά ακολουθούνται τα σημεία ελέγχου. Μερικές γνωστοί μέθοδοι είναι η NURBS (nonuniform rational B-splines), η B-splines και η beta-splines.

### 12.1.2. Ασαφείς επιφάνειες (implicit surfaces)

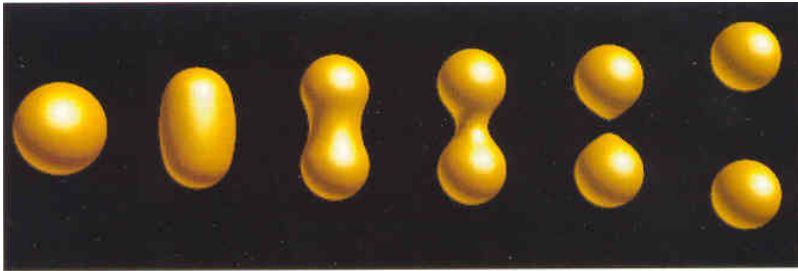
Μια ασαφής επιφάνεια περιγράφεται από μια μαθηματική εξίσωση η οποία μπορεί να απαντήσει στην ερώτηση εάν ένα ζητούμενο σημείο είναι από τη μία ή την άλλη πλευρά της επιφάνειας ή πάνω στην επιφάνεια. Για πολλούς τύπους επιφανειών, οι εξισώσεις αυτές είναι πολύ πιο απλές από τις εξισώσεις οι οποίες παράγουν ένα σύνολο σημείων της επιφάνειας. Βέβαια, κάποια σημεία της επιφάνειας πρέπει να υπολογιστούν ώστε να σχεδιαστεί σωστά. Από τα πολλά είδη ασαφών επιφανειών θα αναφερθούμε σε δύο που διευκολύνουν την κατανόησή τους.

Η ισοεπιφάνεια (isosurface) ορίζεται από τον όγκο μέσα στον οποίο κάποια τιμή διατηρείται σε ένα συγκεκριμένο κατώφλι. Το πρόθεμα iso- σημαίνει 'σταθερή τιμή'. Το επόμενο σχήμα αποτελεί ένα διαφωτιστικό παράδειγμα.



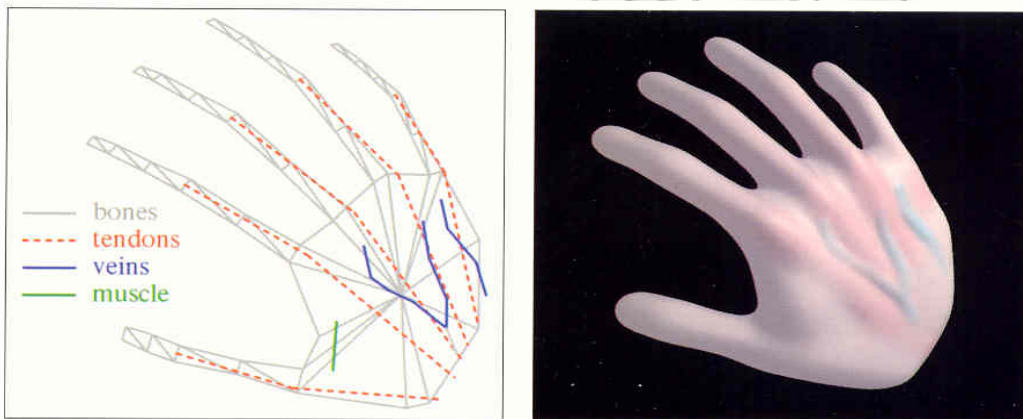
Εικόνα 2: Ισοεπιφάνεια (isosurface).

Ας φανταστούμε ότι έχουμε μια συνάρτηση η τιμή της οποίας εξαρτάται από το πόσο κοντά βρισκόμαστε σε ένα συγκεκριμένο σημείο. Η τιμή μπορεί να κυμαίνεται από 1 όταν είμαστε πάνω στο σημείο και να πέφτει στο 0 όσο απομακρυνόμαστε. Τότε θα μπορούσαμε να ορίσουμε μια ασαφή επιφάνεια ως τα σημεία στα οποία η τιμή της συνάρτησης γίνεται για παράδειγμα  $\frac{1}{2}$ . Σε αυτή τη περίπτωση η επιφάνεια θα ήταν απλώς μια σφαίρα. Αλλά εάν είχαμε ένα σύνολο από σημεία των οποίων το άθροισμα των τιμών τους θα ήταν  $\frac{1}{2}$ , τότε η καμπύλη θα προέκυπτε πολύ πιο ενδιαφέρουσα. Οπτικά, η συγκεκριμένη μέθοδος δημιουργεί επιφάνειες με την συγχώνευση πολλών blob μαζί. Τα blob είναι σφαίρες οι οποίες βρίσκονται μακριά και στη συνέχεια διαρρέουν η μία την άλλη σαν σταγόνες όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στο επόμενο σχήμα.

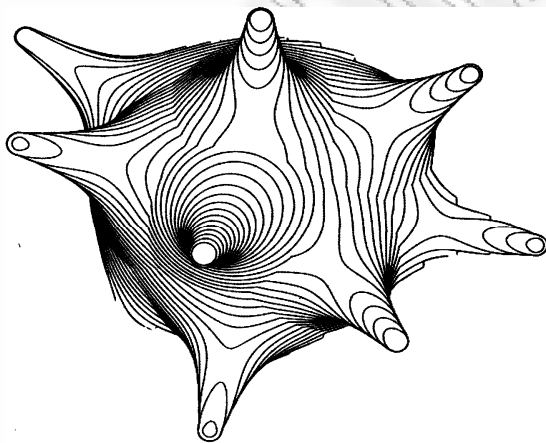


Εικόνα 3: Δυναμικές συναρτήσεις ( blob σφαίρες ).

Η μοντελοποίηση με δυναμικές συναρτήσεις πολλές φορές αναφέρεται στη βιβλιογραφία και ως μοντελοποίηση με blobbies. Ο όρος 'δυναμική εξίσωση' αναφέρεται σε μαθηματικές εξισώσεις οι οποίες ελαττώνονται όσο απομακρυνόμαστε από τα αντικείμενα. Είναι δυνατό να χρησιμοποιήσουμε και άλλα αντικείμενα όπως κώνους και κυλίνδρους αλλά πιο εύκολος τρόπος είναι να εργαστούμε με σημεία. Τα επόμενα σχήματα παρουσιάζουν δύο παραδείγματα δυναμικών συναρτήσεων.



Εικόνα 4: Υλοποίηση ομαλών και πολύπλοκων αντικειμένων με δυναμικές συναρτήσεις.

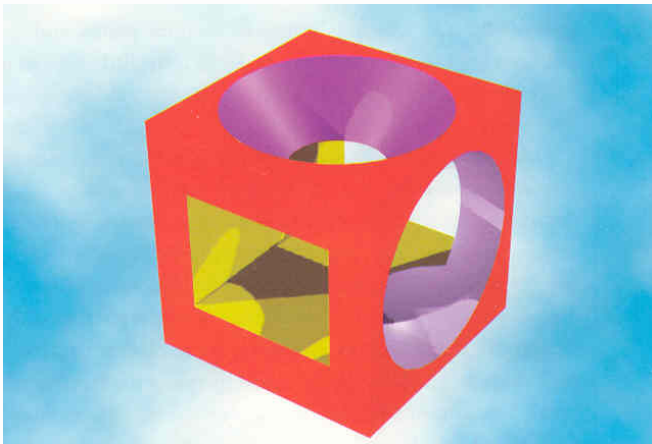


Εικόνα 5: Υλοποίηση αντικειμένου με δυναμικές συναρτήσεις.

### 12.1.3. Η μοντελοποίηση CSG (Constructive Solid Geometry)

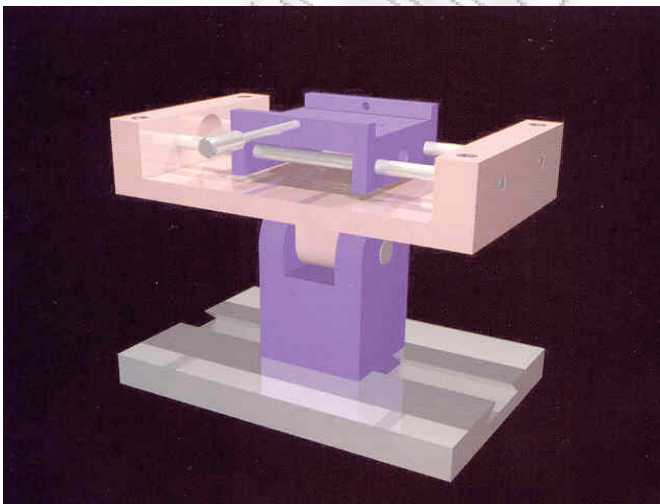
Η μέθοδος CSG (Constructive Solid Geometry, Εποικοδομητική Στερεή Γεωμετρία) μοντελοποιεί ολόκληρα τα αντικείμενα και όχι μόνο τις επιφάνειές τους. Τα αντικείμενα δημιουργούνται από συνδυασμό απλών τρισδιάστατων στερεών χρησιμοποιώντας μόνο τρεις βασικούς τελεστές, οι οποίοι συνήθως αναφέρονται ως λογικοί τελεστές (Boolean operators). Τα τρισδιάστατα στερεά είναι τις περισσότερες φορές απλά αντικείμενα όπως σφαίρες, κουτιά, κώνοι και κύλινδροι. Η πολυπλοκότητα και ο αριθμός των στερεών εξαρτώνται από το συγκεκριμένο CSG software.

Οι βασικοί τελεστές είναι οι OR, AND και NOT οι οποίοι μερικές φορές φέρουν διαφορετικά ονόματα. Ο τελεστής OR συχνά ονομάζεται UNION ενώ ο τελεστής AND λέγεται και INTERSECTION. Ένα παράδειγμα λειτουργίας των τελεστών φαίνεται στο επόμενο σχήμα όπου τρία αντικείμενα αφαιρούνται από ένα κύβο.



Εικόνα 6: Απλό παράδειγμα μοντελοποίησης με τελεστές (CSG).

Βέβαια η αληθινή δύναμη της CSG βρίσκεται στην άθροιση πολλών τελεστών για τη δημιουργία πολύπλοκων σχημάτων. Στο επόμενο σχήμα φαίνεται η μοντελοποίηση ενός πραγματικού αντικειμένου.



Εικόνα 7: Μοντελοποίηση πραγματικού αντικειμένου με τελεστές (CSG).



#### 12.1.4. Μοντελοποίηση με υποδιαίρεση χώρου

Στη μοντελοποίηση με υποδιαίρεση χώρου (Space Subdivision) δεν περιγράφονται τα αντικείμενα απευθείας αλλά αντί αυτού περιγράφονται οι υποδιαίρεσεις του χώρου. Η αρχή είναι η ίδια με το να περιγράψουμε μια εικόνα με τα εικονοστοιχεία (pixels) αντί με τις γραμμές, τα σημεία και τα πολύγωνα. Στη πράξη, οι μικρές περιοχές όγκου ονομάζονται voxels η οποία λέξη προέρχεται από τη φράση volume elements (στοιχεία χώρου).

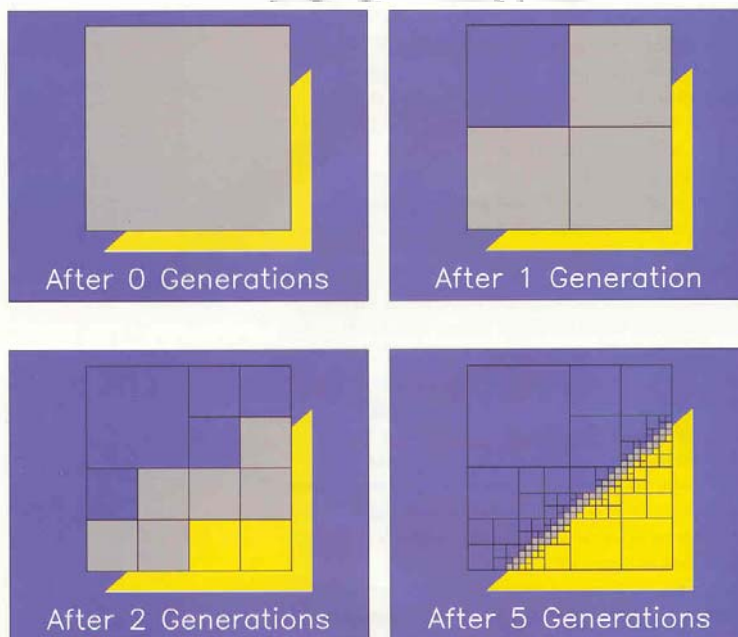
Το μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι σε μεγάλες αναλύσεις η επιβολή ενός συμμετρικού τρισδιάστατου πλέγματος σε ένα αντικείμενο απαιτεί πάρα πολλή μνήμη. Αν φανταστούμε μια διδιάστατη εικόνα 500x500 pixels τότε αυτή έχει μόνο 250.000 pixels ενώ ένας όγκος 500x500x500 αποτελείται από 125.000.000 voxels. Δηλαδή ο αριθμός των voxel αυξάνεται με τη τρίτη δύναμη της ανάλυσης. Διπλασιάζοντας την ανάλυση σε κάθε διάσταση σε 1000x1000x1000 ο αριθμός των voxels οκταπλασιάζεται και γίνεται ένα δισεκατομμύριο. Ακόμα και εάν διαθέτουμε τόση μνήμη θα χρειαζόμασταν τουλάχιστον ένα δισεκατομμύριο πράξεις μόνο για να χρησιμοποιήσουμε το μοντέλο.

Το πρόβλημα του μεγέθους και της ταχύτητας λύνεται με την ανομοιογενή υποδιαίρεση του όγκου. Δηλαδή δεν υποδιαιρούμε όλο το χώρο με την ίδια ανάλυση. Όταν μοντελοποιούμε ένα αδιαφανές αντικείμενο δεν χρειαζόμαστε λεπτομερή πληροφορία για το εσωτερικό του ή για τον αέρα που το περιβάλλει. Όλη η πληροφορία βρίσκεται στην επιφάνεια του αντικειμένου.

Γενικά, δεν χρειαζόμαστε πολλή πληροφορία για κάθε περιοχή του χώρου η οποία παρουσιάζει ομοιογένεια. Υπάρχουν αρκετές τεχνικές οι οποίες εκμεταλλεύονται την ομοιογένεια. Στη συνέχεια θα εξετάσουμε τις δύο πιο δημοφιλείς.

Στην μοντελοποίηση octree, όλο το μοντέλο ξεκινά να βρίσκεται μέσα σε ένα ορθογώνιο κουτί. Το κουτί σπάει σε οκτώ κουτιά και για κάθε κουτί συνεχίζεται η διαδικασία έως ότου το κουτί γίνει ομογενές ή έχει επιτευχθεί η επιθυμητή ανάλυση. Τα voxels του octree είναι πάντοτε ορθογώνια στερεά και σπάνε στη μέση κατά μήκος κάθε άξονα του τοπικού συστήματος συντεταγμένων.

Στις δύο διαστάσεις, σύμφωνα με την ίδια αρχή, τα κουτιά χωρίζονται στα τέσσερα και δημιουργούν quadtrees (τετραδικά δέντρα). Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνονται τα στάδια του αλγορίθμου δημιουργίας ενός quadtree.



Εικόνα 8: Μηχανισμός δημιουργίας τετραδικού δέντρου.

Τα octrees χρησιμεύουν στην αποθήκευση τρισδιάστατων δεδομένων όγκου. Κάθε voxel υποδιαιρείται μόνο όταν τα δεδομένα που περιέχει δεν είναι όλα τα ίδια. Επιπρόσθετα, η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή μέσα σε ένα voxel αποθηκεύεται για όλα τα voxels που περιέχει το octree, με αποτέλεσμα η εύρεση περιοχών στις οποίες τα δεδομένα έχουν συγκεκριμένη τιμή να είναι γρήγορη. Πράγματι, εάν θέλουμε να σχεδιάσουμε την επιφάνεια όπου η τιμή των δεδομένων είναι 23, τότε δεν χρειάζεται να χάσουμε χρόνο ψάχνοντας τα voxel που το περιεχόμενό του κυμαίνεται από 32 έως 47. Το επόμενο σχήμα είναι ένα παράδειγμα octree.



Εικόνα 9: Octree

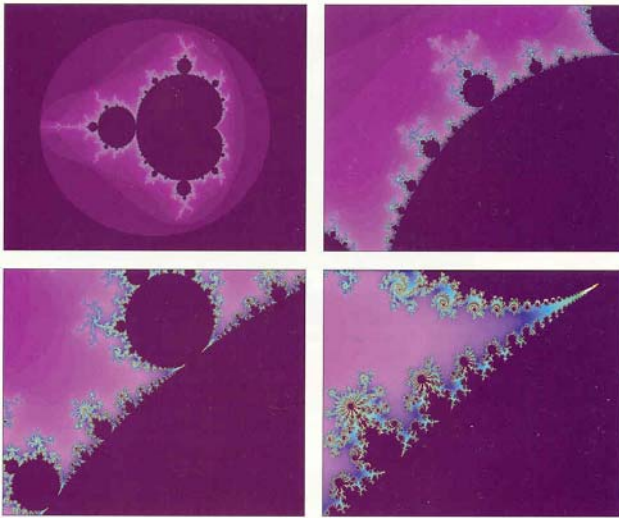
Τα δέντρα BSP (Binary Space Subdivision, Δυαδική Υποδιαίρεση Χώρου) δημιουργούνται με την εξής διαδικασία: Εάν ένα μέρος του χώρου δεν είναι ομογενές, τότε χωρίζεται σε δυο κομμάτια και η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι τα κομμάτια να γίνουν ομοιογενή ή έχει επιτευχθεί η επιθυμητή ανάλυση.

Υπάρχουν εναλλακτικές περιπτώσεις της μεθόδου οι οποίες διαφέρουν στον τρόπο υποδιαίρεσης. Στα απλά δέντρα BSP οι υποδιαίρεσεις είναι όλες ορθογώνια στερεά και οι τομές γίνονται ακριβώς στη μέση παράλληλα στις πλευρές. Σε άλλη περίπτωση η τομή μπορεί να γίνει σε ένα αυθαίρετο επίπεδο με αποτέλεσμα να χρειάζονται λιγότερες υποδιαίρεσεις για την επίτευξη μιας συγκεκριμένης ανάλυσης. Από την άλλη μεριά όμως η περιγραφή τέτοιων κομματιών θα είναι πιο δύσκολη και η επεξεργασία τους πιο επίπονη γιατί ενδέχεται να περιέχουν περίπλοκα σχήματα.

#### 12.1.5. Διαδικαστικά μοντέλα (Procedural Models)

Τα διαδικαστικά μοντέλα περιγράφονται από μια μέθοδο ή διαδικασία παραγωγής στοιχείων όταν αυτά είναι απαραίτητα κι όχι ανεξάρτητων στοιχείων. Τα μοντέλα αυτά είναι χρήσιμα όταν η απαιτούμενη λεπτομέρεια δεν είναι από πριν γνωστή στον σχεδιαστή του μοντέλου. Η διαδικασία μπορεί να ενεργοποιηθεί αργότερα τη στιγμή που θα χρειαζόμαστε περισσότερη ακρίβεια. Επίσης, τα διαδικαστικά μοντέλα είναι πιο συμπαγή από τα μοντέλα με σαφή λίστα στοιχείων.

Τα fractals είναι συναρτήσεις η οποίες ενσωματώνουν απεριόριστη λεπτομέρεια. Πολλά παραδείγματα συναντιούνται στη φύση όπου παρατηρούμε μια παρόμοια γεωμετρία σε πολύ μεγάλες κλίμακες μεγέθυνσης. Επίσης αρκετές μαθηματικές συναρτήσεις είναι fractals όπως η συνάρτηση του Mandelbrot. Αυτή η συνάρτηση παράγει μια τιμή σε δύο συντεταγμένες.



**Εικόνα 10: Συναρτήσεις Mandelbrot.**

Υπάρχουν και διαδικασίες που δημιουργούν επιφάνειες οι οποίες μοιάζουν με fractals αλλά δεν είναι. Αυτές οι διαδικασίες χρησιμεύουν στη μοντελοποίηση αντικειμένων τα οποία έχουν συγκεκριμένη εμφάνιση και αίσθηση για όσο διάστημα δεν μας ενδιαφέρουν οι λεπτομέρειες. Έτσι, χρησιμοποιώντας όμοιες διαδικασίες με fractals μοντελοποιούμε με πειστικό τρόπο απομακρυσμένα βουνά όπως στο σχήμα που ακολουθεί.



**Εικόνα 11: Τοπίο που περιλαμβάνει fractals για την απεικόνιση βουνών και βράχων.**

Στη μοντελοποίηση συστήματος σωματιδίων (Particle System Modeling), τα αντικείμενα σχεδιάζονται από τα ίχνη μεγάλου αριθμού ανεξάρτητων σωματιδίων. Κάθε σωματίδιο έχει ένα σημείο αφετηρίας και μια τροχιά. Είναι δυνατό να υπάρχουν και επιπρόσθετες κατευθύνσεις όπως για το χρώμα των σωματιδίων κατά μήκος της τροχιάς. Τα μοντέλα σωματιδίων είναι πολύ χρήσιμα στις περιπτώσεις όπου έχουμε μεγάλο αριθμό σωματιδίων τα οποία είναι δύσκολο να ελεγχθούν με ακρίβεια. Αντιθέτως, δίνονται γενικές κατευθύνσεις και επιτρέπουμε στον υπολογιστή να χρησιμοποιήσει τυχαιότητα για τις λεπτομέρειες που αφορούν το καθένα σωματίδιο ξεχωριστά. Σαν παράδειγμα αναφέρονται η μοντελοποίηση μιας φωτιάς, ενός καταρράκτη και ενός λιβαδιού γεμάτο χόρτα.



Εικόνα 12: Μοντελοποίηση με συστήματα σωματιδίων για την απεικόνιση χόρτων.

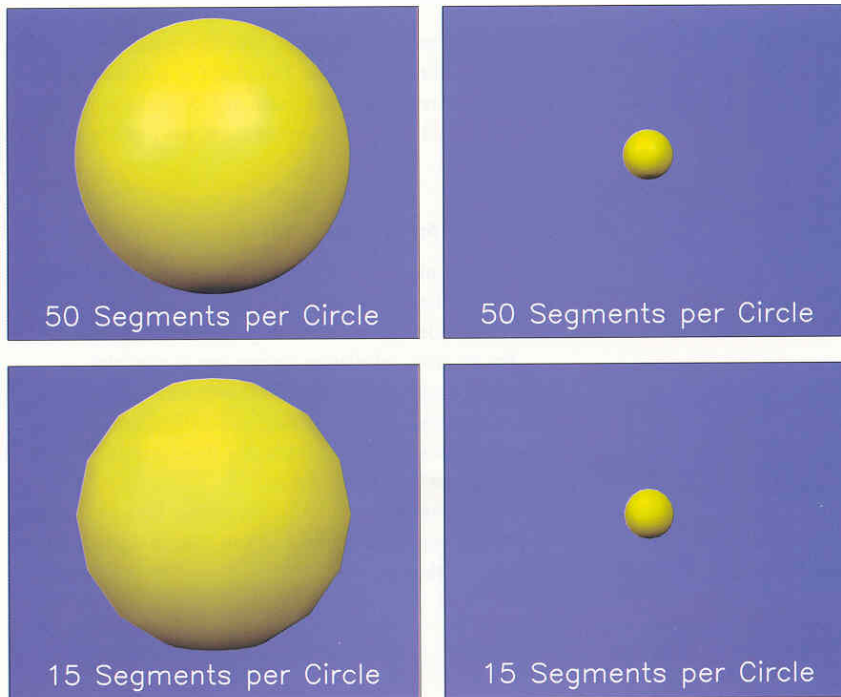
## 12.2. Άλλα θέματα σχετικά με τη μοντελοποίηση

Μέχρι στιγμής μιλήσαμε μόνο για τους διάφορους τρόπους περιγραφής αντικειμένων σε υπολογιστή. Ωστόσο υπάρχουν και άλλα θέματα τα οποία θα πρέπει να γνωρίζουμε, όπως το επίπεδο λεπτομέρειας στο οποίο θέλουμε να διεισδύσουμε, και στα οποία θα κάνουμε μια σύντομη αναφορά παρακάτω.

### 12.2.1. Επίπεδο Λεπτομέρειας

Θα πρέπει να σκεφτούμε πόσο λεπτομερές θέλουμε να είναι ένα αντικείμενο. Πιο λεπτομερή αντικείμενα έχουν ως αποτέλεσμα πιο ακριβείς και ρεαλιστικές εικόνες. Χρειάζονται όμως μεγαλύτερο χώρο αποθήκευσης και περισσότερους υπολογιστικούς πόρους τόσο για την παραγωγή όσο και για τον σχεδιασμό τους. Η καλύτερη εξισορρόπηση των παραπάνω παραγόντων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου και του ρόλου που θα παίξει το αντικείμενο στην τελική εικόνα. Στο επόμενο σχήμα βλέπουμε αντίστοιχα παραδείγματα. Γενικά πρέπει να προσαρμόζουμε το πόσο λεπτομερές θα είναι ένα αντικείμενο ανάλογα με το τελικό του μέγεθος και τον ρόλο που θα παίξει στη συνολική εικόνα. Όπως φαίνεται και στο σχήμα η έλλειψη επεξεργασίας και κατά συνέπεια η έλλειψη ακρίβειας του αντικειμένου γίνεται περισσότερο φανερή στα μεγάλα αντικείμενα, ενώ στα μικρότερα η διαφορά είναι αμελητέα.

Παρόλα αυτά υπάρχει πιθανότητα ένα μεγάλο και λιγότερο λεπτομερές αντικείμενο να είναι πιο χρήσιμο σε γρήγορες προκαταρκτικές παρουσιάσεις, αφού μειώνει κατά πολύ τον χρόνο σχεδιασμού. Αντίθετα μικρά και λεπτομερή αντικείμενα μπορεί να είναι επίσης απαραίτητα, αν υποθέσουμε ότι χρειαζόμαστε μια εικόνα υψηλής ανάλυσης για αφίσα, αφού θα είναι στην διάθεση όλου του κόσμου να την εξετάζει εξονυχιστικά.



Εικόνα 13: Απεικόνιση μεγάλης και μικρής σφαίρας με διαφορετικό βαθμό λεπτομέρειας.

### 12.2.2. Καταλληλότητα για περιβάλλον

Παρόλο που μπορεί να φανεί παράξενο, το να δημιουργήσουμε εικόνες από τον υπολογιστή μπορεί να μην είναι συνάρτηση μόνο του αντικειμένου. Μερικές φορές η επιλογή του τύπου της εικόνας υποδεικνύεται από άλλους παράγοντες. Για παράδειγμα ο υπολογισμός της επιφάνειας μιας περιοχής γίνεται πολύ εύκολα με την βοήθεια πολυγωνικών μοντέλων, αλλά πολύ δύσκολα με ασαφείς επιφάνειες.

## 13. Θέματα που αφορούν στο σύνολο της εικόνας

Μέχρι στιγμής μιλήσαμε μόνο για την περιγραφή πραγματικών αντικειμένων στον υπολογιστή με σκοπό τον επιτυχή σχεδιασμό της. Ωστόσο μια ολοκληρωμένη ρεαλιστική εικόνα περιλαμβάνει, εκτός από τα αντικείμενα, και άλλα πράγματα που ο υπολογιστής χρειάζεται για να μπορέσει να αποδώσει πιστά μια εικόνα. Αυτά λοιπόν θα σχολιάσουμε παρακάτω.

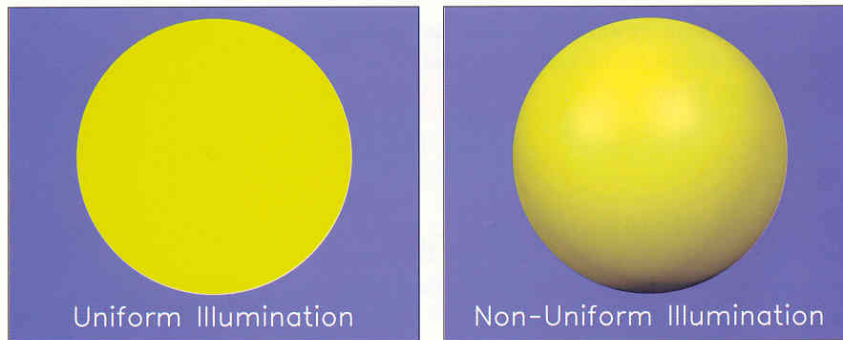
### 13.1. Φωτισμός

Ο εγκέφαλος του ανθρώπου έχει μια ιδιαίτερα πολύπλοκη αντίληψη για το πώς η λάμψη ενός αντικειμένου ποικίλει κατά μήκος της επιφάνειάς του. Αυτό μπορούμε εύκολα να το διαπιστώσουμε παρατηρώντας ασπρόμαυρες φωτογραφίες, οι οποίες αποδεικνύουν πόσο αποτελεσματικός και αυτόματος είναι ο μηχανισμός αυτός.

Η διαφορά στη φωτεινότητα, όπως τονίσαμε προηγουμένως, κατά μήκος της επιφάνειας του αντικειμένου εξαρτάται από το πώς το αντικείμενο στρέφεται προς τη κυρίαρχη πηγή φωτός. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος μεταφράζει αυτή τη διαφορά σε τρισδιάστατα αντικείμενα και βγάζει συμπεράσματα για τον προσανατολισμό των επιφανειών. Η φωτεινότητα μπορεί επίσης να ποικίλει λόγω της ανακλαστικότητας και του χρώματος του αντικειμένου. Αυτό θα μπορούσε κάποιες φορές να οδηγήσει σε σύγχυση, κυρίως σχετικά με το σχήμα του αντικειμένου. Το

μιαλό ωστόσο έχει την καταπληκτική ικανότητα να ξεδιαλύνει και ξεχωρίζει αυτά που βλέπει.

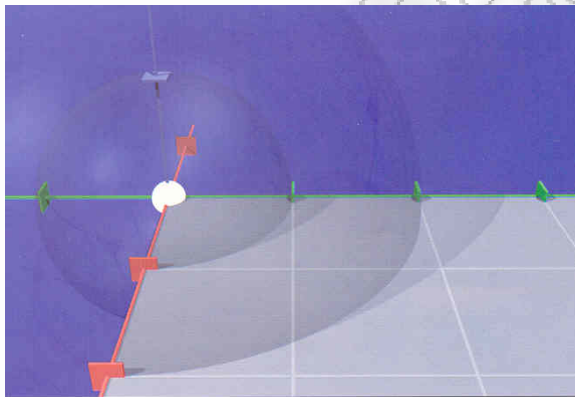
Η αντίληψη των σχημάτων δημιουργείται επειδή το φως δεν έρχεται με όμοιο τρόπο από όλες τις κατευθύνσεις. Τα οπτικά μας συστήματα αναπτύχθηκαν κάτω από συνθήκες όπου το φως προερχόταν από μια κύρια πηγή, τον ήλιο. Ακόμα και σε μια συννεφιασμένη μέρα, ένα μέρος του ουρανού είναι φωτεινότερο από το υπόλοιπο, και ο ουρανός αποτελεί μόνο το μισό πάνω μέρος του οπτικού μας πεδίου.



Εικόνα 14: Επίδραση του φωτός στην αντίληψη των σχημάτων.

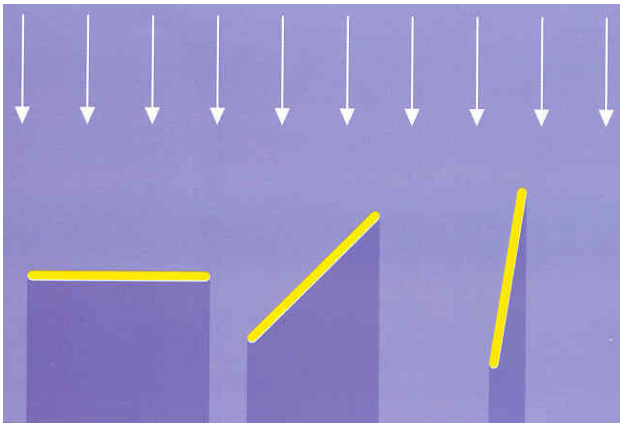
### 13.1.1. Το φυσικό φως

Όπως γνωρίζουμε ενστικτωδώς το φως γίνεται πιο αμυδρό όσο απομακρύνεται από την πηγή του. Η ακριβής σχέση δείχνει ότι η ένταση του φωτός είναι αντίστροφα ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης. Αυτό φαίνεται σχηματικά στην επόμενη εικόνα.



Εικόνα 15: Μετάδοση φωτός από σημειακή πηγή στην αρχή των αξόνων.

Ας φανταστούμε φως να φεύγει από μια σημειακή πηγή. Το φως ταξιδεύει με ίση ταχύτητα προς όλες τις κατευθύνσεις, έτσι το μέτωπο μετατρέπεται σε μια συνεχώς αυξανόμενη σφαίρα όσο προχωράει. Αυτό το μέτωπο φωτός περιέχει μια συγκεκριμένη ποσότητα φωτεινής ενέργειας, η οποία μεταδίδεται σε όλο και μεγαλύτερες σφαίρες. Στα 2 μέτρα η σφαίρα αυτή καταλαμβάνει τετραπλάσια επιφάνεια (σε τετραγωνικά μέτρα) απ' αυτήν που καταλαμβάνει στο 1 μέτρο. Λόγω του ότι η ενέργεια του φωτός διαδίδεται σε επιφάνεια σφαίρας, συμπεραίνουμε ότι αυτή μειώνεται με το τετράγωνο της ακτίνας ή διαφορετικά με το τετράγωνο της απόστασης από τη σημειακή πηγή. Επιπλέον, το πόσο φως πέφτει πάνω σ' ένα αντικείμενο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον προσανατολισμό της επιφάνειας.



Εικόνα 16: Επίδραση του προσανατολισμού της επιφάνειας στο φωτισμό.

### 13.1.2. Φώτα κατεύθυνσης (Directional Lights)

Όπως προαναφέραμε όλο το φως διασκορπίζεται και γίνεται πιο αμυδρό όσο απομακρυνόμαστε από την πηγή. Μερικές φορές οι πηγές φωτός είναι τόσο μακριά που είναι αδύνατο να τις παρατηρήσεις με γυμνό μάτι. Ένα απλό παράδειγμα είναι το φως του ήλιου. Λόγω του ότι ταξιδεύει 150 εκατομμύρια χιλιόμετρα για να έρθει στη γη δεν είναι δυνατό να παρατηρήσουμε ότι γίνεται πιο ασθενές κατά 0.000013% σε 10 μέτρα από την οροφή του σπιτιού μας έως το έδαφος.

Ο υπολογισμός της έντασης του φωτός λόγω της απόστασης από τέτοια πηγή φωτός θα ήταν χάσιμο χρόνου. Για να αποφύγουμε τον κόπο, χρησιμοποιούμε τον όρο φώτα κατεύθυνσης για την περίπτωση αυτή. Αυτό το είδος φωτός καθορίζεται μόνο από την κατεύθυνση των ακτινών και την ένταση, η οποία παραμένει ίδια για όλα τα σημεία της εικόνας.

### 13.1.3. Σημειακά φώτα (Point Lights)

Βασική για τα γραφικά του υπολογιστή είναι η σημειακή πηγή φωτός, η οποία δεν γίνεται πιο αμυδρή με την απόσταση. Ωστόσο, προέρχεται από ένα σημείο με τον ίδιο τρόπο που γίνεται και στο πραγματικό φως. Δεν υπάρχει τρόπος να το δικαιολογήσουμε αυτό με τους νόμους της φυσικής. Είναι κοινά αποδεκτό ότι μειώνει τις υπολογιστικές απαιτήσεις, ενώ παράλληλα δημιουργεί εικόνες ρεαλιστικές, που ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα.

Ένα μοντέλο για την σωστή απόδοση του φωτός είναι η σημειακή πηγή φωτός με μείωση (falloff)  $1/R^2$ . Το  $R$  αναφέρεται στην ακτίνα, που είναι η απόσταση από την πηγή φωτός. Στα γραφικά υπολογιστή δεν υπάρχει μείωση στη φωτεινότητα μιας σημειακής πηγής φωτός εκτός αν αναφέρεται κάτι τέτοιο.

Πρέπει επίσης να έχουμε υπόψη μας και τις σημειακές πηγές φωτός, που παρουσιάζουν ένα είδος πτώσης, η οποία όμως δεν είναι αντίστροφα ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης. Υπάρχουν και σ' αυτή την περίπτωση ευκολίες στην υπολογιστική πολυπλοκότητα χωρίς, ωστόσο, να επιδρά αρνητικά στο τελικό αποτέλεσμα. Αντίθετα, παράγει χρήσιμα αποτελέσματα.

### 13.1.4. Προβολείς (Spotlights)

Ο προβολέας χρησιμοποιείται για την αντικατάσταση ενός φωτός, που έχει ένα είδος σκιάς ή κατόπτρου γύρω του, έτσι ώστε να λάμπει μόνο σε σημεία που περικλείονται μέσα σε ένα κώνο. Όλοι οι προβολείς μπορούν να ελέγχουν τη γωνία κλίσης του κώνου. Μερικά γραφικά έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν μια περιοχή κατά μήκος της κορυφής του κώνου, όπου το φως μειώνεται σταδιακά.

### 13.1.5. Ambient Light

Στα γραφικά υπολογιστή ο όρος ambient light χρησιμοποιείται για μεγαλύτερη ευκολία. Δημιουργήθηκε για να αντικαταστήσει τα φώτα, που διασκορπίζονται παντού πέφτοντας πάνω σε άλλα αντικείμενα. Για παράδειγμα, το πάτωμα κάτω από το γραφείο δεν εμφανίζεται τελείως σκούρο, παρόλο που καμία πηγή φωτός δεν φωτίζει κατευθείαν πάνω του. Φωτίζεται, λοιπόν, από φως που έχει ανακλαστεί σε διάφορα αντικείμενα, όπως ο τοίχος και η βιβλιοθήκη.

Οι περισσότερες μέθοδοι rendering δεν μπορούν να χειριστούν αυτό το ανακλώμενο φως. Για την αναίρεση αυτού, θεωρούμε ότι υπάρχει ένας συνεχής χαμηλός φωτισμός σε όλο το χώρο, ο οποίος ονομάζεται ambient light. Λόγω του ότι το φως είναι συνεχές, δυσκολεύει τη σωστή αντίληψη των σχημάτων, αλλά τουλάχιστον αποτρέπει την ύπαρξη εντελώς σκοτεινών περιοχών.

## 13.2. Η αίσθηση του χώρου

Ακόμα και όταν έχουμε αρκετά καλή περιγραφή των εικόνων όλων των αντικειμένων και του φωτισμού μιας σκηνής, πρέπει επίσης να γνωρίζουμε από πιο σημείο κοιτάμε, τι ακριβώς κοιτάμε άμεσα (ή σε ποια κατεύθυνση κοιτάμε) και πως εντοπίζουμε τα σημεία του ορίζοντα στην τελική εικόνα.

Το σημείο από το οποίο κοιτάμε λέγεται eye point (σημείο ματιού), view point (σημείο αντίληψης θέας), camera point (σημείο τοποθέτησης κάμερας). Η κατεύθυνση στην οποία κοιτάμε ονομάζεται view direction (κατεύθυνση αντίληψης θέας), gaze direction (κατεύθυνση ματιάς). Ένα σημείο το οποίο εμφανίζεται στο κέντρο της εικόνας ονομάζεται look at point.

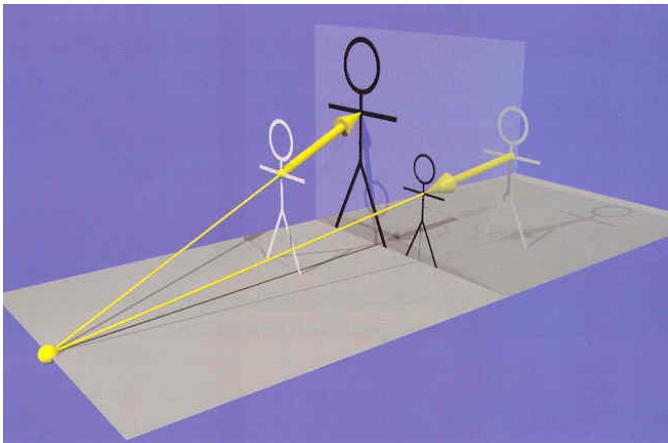
Επιπλέον, πρέπει να θυμόμαστε ότι ξεκινάμε με έναν τρισδιάστατο ορισμό χώρου και τελικά διοχετεύουμε όλη αυτή την πληροφορία σε μια δισδιάστατη εικόνα. Η μετάβαση από το τρισδιάστατο στο δισδιάστατο χώρο περιλαμβάνει και τον αποκλεισμό κάποιων πληροφοριών. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται μέθοδος προβολής (projection method). Προφανώς, όπως καταλαβαίνουμε δεν υπάρχει τελείως ορθός τρόπος για να γίνει αυτό. Παρακάτω θα αναφερθούμε σε δυο περιπτώσεις που καλύπτουν όλες τις υπόλοιπες.

### 13.2.1. Προβολή προοπτικής

Στην προβολή προοπτικής, τα μακρινά αντικείμενα ζωγραφίζονται πιο μικρά από αυτά που είναι κοντά. Με αυτόν τον τρόπο λειτουργούν οι περισσότερες κάμερες. Τα τελικά αποτελέσματα της προοπτικής προβολής μπορούν να θεωρηθούν σα μια κανονική τρισδιάστατη εικόνα.

Για να καταλάβουμε τα παραπάνω και γεωμετρικά, ας φανταστούμε ότι κρατάμε μπροστά στο μάτι μας το γυάλινο πλαίσιο μιας φωτογραφίας και προσπαθούμε να περιβάλλουμε μ' αυτό την εικόνα που θέλουμε να ζωγραφίσουμε. Κατόπιν, ζωγραφίζουμε πάνω στο τζάμι όσα βλέπουμε πίσω από αυτό. Η εικόνα που θα προκύψει θα είναι σε προοπτική μορφή. Με άλλα λόγια όλα τα αντικείμενα προβάλλονται σε μια εικόνα κατά μήκος μιας γραμμής, όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί. Φαίνεται, λοιπόν, ότι τα αντικείμενα ζωγραφίζονται μεγαλύτερα όσο πλησιάζουμε προς το μάτι.

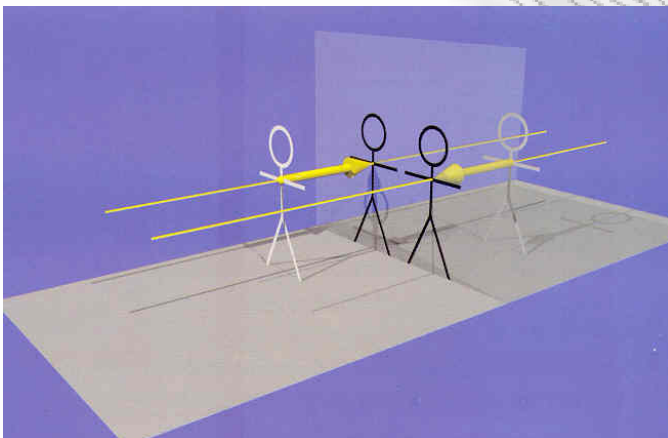




Εικόνα 17: Προοπτική προβολή.

### 13.2.2. Επίπεδη προβολή

Στην επίπεδη προοπτική, τα αντικείμενα προβάλλονται επίπεδα πάνω στην εικόνα, χωρίς καμία αλλαγή στο σχήμα. Διαφορετικά η προβολή αυτή ονομάζεται ορθογραφική (orthographic projection). Η ορθογραφική προβολή χρησιμοποιείται κυρίως εκεί που η διατήρηση των διαστάσεων είναι ιδιαίτερα σημαντική. Η κλίμακα στα μεγέθη παραμένει ίδια. Για παράδειγμα, το 1 εκατοστό αντιστοιχεί στα 3 μέτρα για όλα τα αντικείμενα της εικόνας σε οποιαδήποτε απόσταση και να βρίσκονται.



Εικόνα 18: Επίπεδη προβολή.

## 14. Rendering

Το rendering είναι η διαδικασία στην οποία μετασχηματίζεται το μοντέλο σε ένα δισδιάστατο πλέγμα εικονοστοιχείων το οποίο αποκαλούμε έγχρωμη εικόνα. Θα μπορούσαμε απλούστερα να πούμε ότι μοιάζει με μια διαδικασία ζωγραφικής η οποία ζωντανεύει τα γραφικά στον υπολογιστή.

Μερικές τεχνικές είναι πολύ γρήγορες αλλά ελάχιστα ρεαλιστικές ενώ κάποιες άλλες χρειάζονται περισσότερο χρόνο αλλά τα αποτελέσματα μοιάζουν με φυσική φωτογραφία. Η επιλογή της τεχνικής εξαρτάται από την εφαρμογή και από της δυνατότητες του συστήματος εικονικής πραγματικότητας το οποίο διαθέτουμε. Ιδανικά θα θέλαμε το σύστημα μας να ανανεώνει το εικονικό περιβάλλον 50 φορές το δευτερόλεπτο (50Hz) και να μη καθυστερεί να

αντιδράσει περισσότερο από 50msec.

Όλοι οι αλγόριθμοι rendering αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της μετακίνησης των κρυμμένων επιφανειών. Οι κυριότεροι αλγόριθμοι που έχουν αναπτυχθεί είναι ο αλγόριθμος του ζωγράφου, ο αλγόριθμος ανάλυσης κατά γραμμή, ο αλγόριθμος αποθήκευσης κατά Z, ο ray tracing, ο wire-frame, ο αλγόριθμος radiosity και άλλοι. Όλοι οι αλγόριθμοι έχουν τα δικά τους πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Για τις εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας κυρίαρχος παράγοντας είναι η ταχύτητα.

#### 14.1. Ο αλγόριθμος του ζωγράφου

Όπως υποδηλώνει η ονομασία του, ο αλγόριθμος αυτός είναι παρόμοιος με τον τρόπο που ζωγραφίζει ένας ζωγράφος. Για παράδειγμα, κάποιος θα μπορούσε να ξεκινήσει να σχεδιάζει πρώτα τα απομακρυσμένα στοιχεία όπως ο ουρανός και ο ορίζοντας και στη συνέχεια να ζωγραφίσει από πάνω τα κοντινότερα στοιχεία. Η υλοποίηση αυτού του αλγορίθμου με software προϋποθέτει τη γνώση της απόστασης. Κάτι τέτοιο δεν είναι από μόνο του δύσκολο, αλλά σε ένα εικονικό περιβάλλον που ο χρήστης μετακινείται συνεχώς, οι αποστάσεις αλλάζουν σε κάθε εικόνα κι έτσι διαρκώς το software υπολογίζει την απόσταση κάθε αντικείμενου, βάζει τις αποστάσεις σε φθίνουσα σειρά και κάνει rendering από το πιο απομακρυσμένο αντικείμενο στο πιο κοντινό. Αυτή είναι η βασική τεχνική αλλά είναι προφανές ότι χρειάζεται κάποια βελτίωση ως προς το θέμα της ταχύτητας.

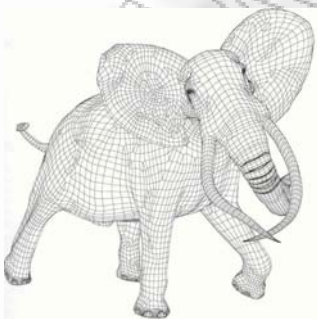
#### 14.2. Ο αλγόριθμος ανάλυσης κατά γραμμή

Μια εικόνα βίντεο μεταφέρεται και προβάλλεται στην οθόνη της τηλεόρασης με τη μορφή οριζοντίων γραμμών ή γραμμών ανάλυσης (scan lines). Ο αλγόριθμος ανάλυσης κατά γραμμή κάνει rendering κάθε γραμμή σταδιακά ξεκινώντας συνήθως από τη κορυφή και καταλήγοντας στο κάτω μέρος τις εικόνας.

Αρχικά ο αλγόριθμος αναγνωρίζει τα αντικείμενα που είναι ορατά στη σχισμή, τα ταξινομεί σε σειρά απόστασης και φορτώνει την γραμμή χρωμάτων στον αποθηκευτή πλαισίων. Στη συνέχεια έχει σειρά η επόμενη γραμμή προς τα κάτω. Αλλά αφού αυτή είναι δίπλα στην προηγούμενη γραμμή, υπάρχει πολύ μεγάλη πιθανότητα τα αντικείμενα που είναι ορατά να είναι τα ίδια. Εάν εμφανιστεί κάποιο καινούριο αντικείμενο τότε μικρές τροποποιήσεις θα χρειαστούν για να ληφθεί υπόψη. Αυτός ο αλγόριθμος συχνά χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τον αλγόριθμο αποθήκευσης κατά Z δημιουργώντας υβριδικό αλγόριθμο rendering.

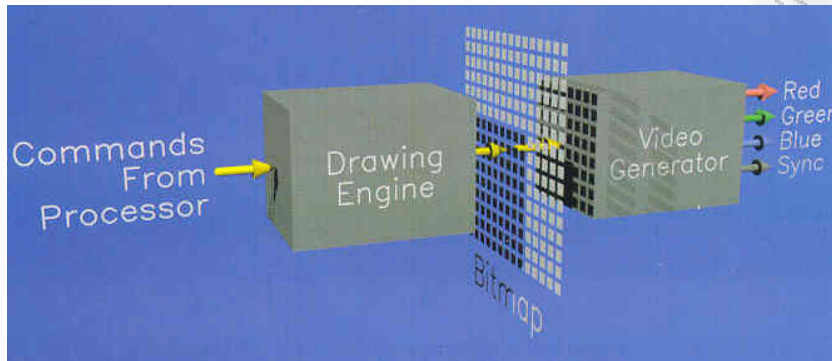
#### 14.3. Wire-frame rendering

Στο wire-frame rendering σχεδιάζονται μόνο οι ακμές των αντικειμένων. Εάν ένα αντικείμενο μοντελοποιείται με πολύγωνα τότε σχεδιάζονται οι ακμές όλων των πολυγώνων. Το σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζει ένα παράδειγμα wire-frame rendering.



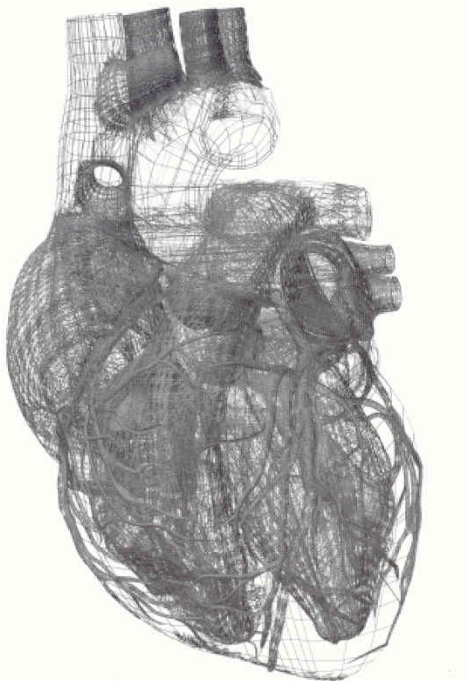
Εικόνα 19: Wire-frame rendering.

Βέβαια στο παραπάνω παράδειγμα είναι πολύ δύσκολο να διακρίνουμε τις λεπτομέρειες και αυτό ίσως να οδηγούσε κάποιον στο συμπέρασμα ότι αυτή η μέθοδος rendering είναι άχρηστη. Η απάντηση είναι ότι η συγκεκριμένη μέθοδος είναι η γρηγορότερη για μια σύντομη προεπισκόπηση της εικόνας επειδή οι σημερινοί ελεγκτές οθόνης (display controllers) μπορούν να σχεδιάσουν γραμμές με το hardware, ενώ η σχεδίαση αληθοφανών αντικειμένων απαιτεί σημαντική διαμεσολάβηση software. Επιπλέον, σε συγκεκριμένες εφαρμογές, όπως για παράδειγμα τα μηχανολογικά σχέδια, το αποτέλεσμα είναι διαφωτιστικό με wire-frame rendering ανεξαρτήτως ταχύτητας.



Εικόνα 20: Display controller.

Όσο το rendering hardware για στερεά αναπτύσσεται, το wire-frame rendering περιορίζεται εκεί που υπερέρχει ποιοτικά. Ήδη κυκλοφορούν τσιπ (chip) στην αγορά που ενσωματώνουν ελεγκτές οθόνης για rendering στερεών με μικρό σχετικά κόστος.



Εικόνα 21: Απεικόνιση ανθρώπινης καρδιάς με wire-frame rendering.

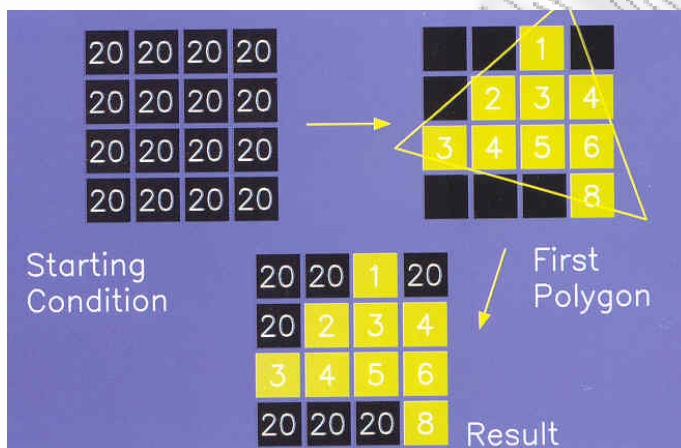
#### 14.4. Ο αλγόριθμος αποθήκευσης κατά Z (Z-Buffer rendering)

Τα αντικείμενα μοντελοποιούνται ανεξάρτητα από την κατεύθυνση παρατήρησης ενός χρήστη. Αυτό σημαίνει ότι το μοντέλο περιλαμβάνει και τα πολύγωνα του αντικείμενου τα οποία βρίσκονται στη πίσω μεριά σε σχέση με τον παρατηρητή. Όμως η τελική εικόνα που θα δούμε πρέπει να προέρχεται μόνο από τα πολύγωνα που είναι ορατά. Ένα πολύγωνο μπορεί να μην είναι ορατό επειδή βρίσκεται στο πίσω μέρος ή επειδή κρύβεται από ένα άλλο αντικείμενο. Στη χειρότερη περίπτωση μάλιστα ένα πολύγωνο μπορεί να είναι κατά ένα μέρος ορατό.

Στον αλγόριθμο Z-Buffer rendering σχεδιάζονται μόνο οι ορατές επιφάνειες. Αυτό επιτυγχάνεται με την λήψη μιας επιπρόσθετης τιμής για κάθε pixel του bitmap (χάρτης των bit) πέραν του χρώματος. Αυτή η τιμή ονομάζεται 'τιμή Z' (Z value). Οι τιμές Z για όλα τα pixels του bitmap αποθηκεύονται στον Z-buffer. Μια τιμή Z είναι η μέτρηση της απόστασης από το σημείο του ματιού στο σημείο πάνω στο αντικείμενο που αντιπροσωπεύεται από το pixel με τη συγκεκριμένη Z τιμή.

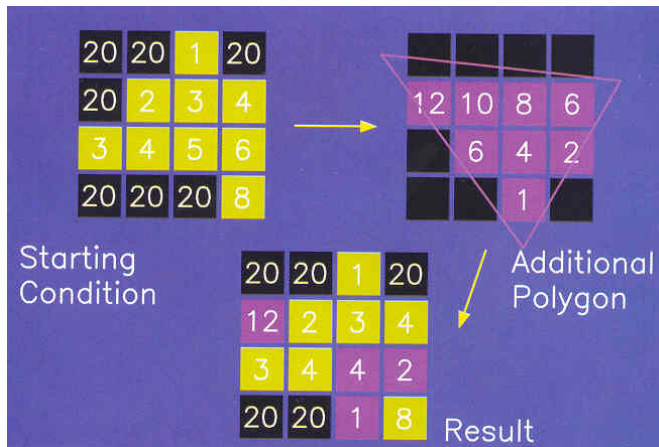
Πριν σχεδιαστούν τα πολύγωνα, όλες οι τιμές Z παίρνουν την μεγαλύτερη δυνατή τιμή. Ύστερα σχεδιάζονται όλα τα πολύγωνα με αποτέλεσμα μερικά pixels να σχεδιάζονται πολλές φορές. Προτού μια νέα τιμή γραφεί σε ένα pixel, η τιμή Z του pixel αυτού συγκρίνεται με τη νέα τιμή Z και γίνεται η αντικατάσταση μόνο όταν η νέα τιμή Z αντιστοιχεί σε μικρότερη απόσταση ματιού και αντικείμενου. Στην αντίθετη περίπτωση το pixel διατηρεί τη τιμή του. Μετά το τέλος της σχεδίασης σε κάθε pixel έχει παραμείνει η τιμή που αντιστοιχεί σε ορατή επιφάνεια.

Τα επόμενα σχήματα δείχνουν ένα παράδειγμα όπου δύο τρίγωνα εγγράφονται σε ένα bitmap χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο Z-buffer. Τα τρίγωνα τέμνονται αλλά καταλήγουμε μόνο στις ορατές επιφάνειες.



Εικόνα 22: Εγγραφή σε bitmap χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο Z-buffer.

Υπάρχουν δύο σημαντικές ιδιότητες του Z-Buffer rendering. Πρώτα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι θα μπορούσαμε να σχεδιάσουμε τα τρίγωνα με την αντίστροφη σειρά αλλά πάλι θα είχαμε το ίδιο αποτέλεσμα, υπάρχει δηλαδή ανεξαρτησία σειράς σχεδίασης. Δεύτερον, το Z-Buffer rendering μπορεί να υλοποιηθεί σταδιακά. Μπορούμε να δούμε ότι η εκκίνηση στο επόμενο σχήμα βρίσκεται στο τέλος του προηγούμενου σχήματος. Δεν χρειάζεται να γνωρίζουμε τα πολύγωνα για να κάνουμε rendering και άλλων πολυγώνων. Το μόνο που χρειάζεται είναι η γνώση του bitmap ανεξαρτήτως προέλευσης.



Εικόνα 23: Εγγραφή σε bitmap χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο Z-buffer.

Η τιμή Z ονομάζεται και τιμή βάθους και είναι χρήσιμο να δούμε πώς αναπαρίσταται. Στο παράδειγμα η τιμή βάθους παίρνει τιμές από 0 έως 20. Στη πράξη χρειάζονται περισσότερες τιμές για να αποφασιστεί ποιο αντικείμενο είναι μπροστά και ποια αντικείμενα βρίσκονται πίσω. Οι τιμές Z αποθηκεύονται συνήθως σε 16 bit με αποτέλεσμα να υπάρχουν περίπου 66.000 διαφορετικές τιμές. Αυτές είναι αρκετές εάν τα μπροστινά και τα πίσω όρια του Z-Buffer στη σκηνή έχουν επιλεχθεί με προσοχή.

Η τεχνική Z-Buffer rendering είναι η επικρατέστερη για rendering στερεής επιφάνειας και είναι εύκολο να υλοποιηθεί κατευθείαν σε φτηνό hardware. Σε έναν ελεγκτή οθόνης που έχει τη δυνατότητα να κάνει Z-Buffering, αυτό που κοστίζει είναι η επιπλέον μνήμη η οποία απαιτείται για την αποθήκευση των Z τιμών στο bitmap. Τα συστήματα που έχουν hardware Z-Buffering είναι περίπου 100 φορές πιο γρήγορα.

Ωστόσο, το Z-Buffer rendering έχει το μειονέκτημα ότι δεν δίνει πληροφορίες για το πώς αλληλεπιδρά το φως με τα αντικείμενα. Το σχήμα που ακολουθεί είναι ένα παράδειγμα για το πώς φαίνονται οι εικόνες μετά από Z-Buffer rendering.



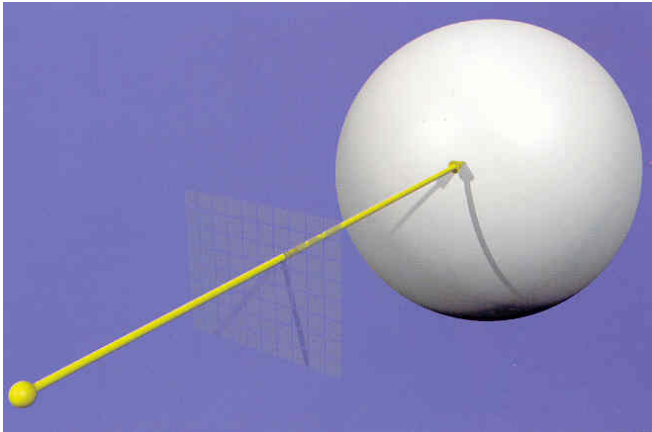
Εικόνα 24: Απεικόνιση αντικειμένου με τη τεχνική Z-Buffer rendering.

#### 14.5. Ray tracing

Στο Z-Buffer rendering γίνεται rendering ενός αντικειμένου τη φορά μέχρι να τελειώσουν τα αντικείμενα και μπορούμε να γνωρίζουμε τα pixels για το bitmap καθενός αντικειμένου.

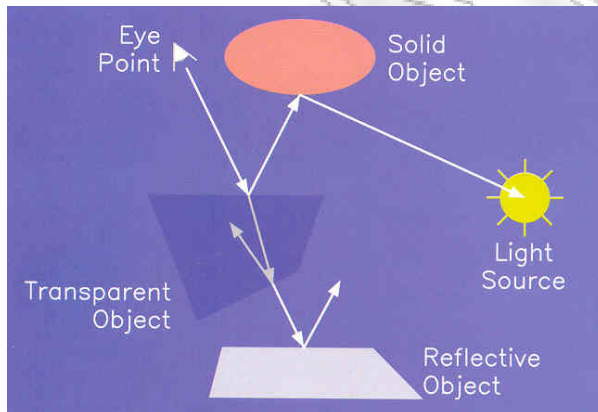
Αντίθετα, στη τεχνική ray tracing γίνεται rendering σε κάθε pixel ξεχωριστά μέχρι να

τελειώσουν όλα τα pixels. Το επόμενο σχήμα δείχνει τη βασική αρχή που κρύβεται πίσω από τη τεχνική ray tracing. Μια ακτίνα ξεκινά για κάθε pixel από το σημείο του ματιού προς τη κατεύθυνση που κοιτάμε και το pixel παίρνει το χρώμα του σημείου πάνω στο οποίο πέφτει η ακτίνα.



Εικόνα 25: Βασική αρχή της τεχνικής ray-tracing rendering.

Υπάρχει και μια άλλη διαδικασία που ακολουθείται στην τεχνική ray-tracing, η οποία είναι πολύ συνηθισμένη. Ας φανταστούμε ότι ακολουθούμε ανάποδα το φως προς ένα pixel, έτσι ώστε να δούμε τι χρώμα έχει. Η διαδικασία δε σταματά όταν βρεθεί το πρώτο αντικείμενο. Με το ray tracing μπορούμε να ακολουθήσουμε πολλές πιθανές πηγές φωτός για να διαπιστώσουμε τι χρώμα έχουν. Αυτό γίνεται διοχετεύοντας ακτίνες, μια σε κάθε κατεύθυνση κυρίως προς τα εκεί που μπορεί να προέρχεται το φως. Αυτές οι ακτίνες προκαλούν με τη σειρά τους και τη δημιουργία άλλων ακτίνων. Αυτή η διαδικασία καθορισμού του χρώματος μιας ακτίνας εκτοξεύοντας περισσότερες ακτίνες λέγεται recursive ray tracing, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



Εικόνα 26: Recursive ray-tracing.

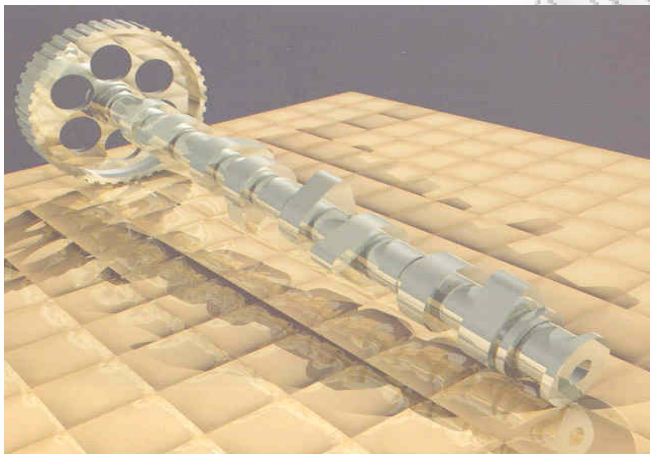
Στη θεωρία, μερικές ακτίνες μπορούν να συνεχίσουν να εκτοξεύουν περισσότερες ακτίνες αόριστα. Αυτό θα μπορούσε να συμβεί για παράδειγμα, όπου υπάρχουν περισσότερα ανακλαστικά αντικείμενα σε μια σκηνή. Στην πράξη, καινούργιες ακτίνες δεν εκτοξεύονται όταν η σημασία τους σε σχέση με το χρώμα του αρχικού pixel είναι αμελητέα ή όταν ξεπεραστεί ένα αυθαίρετο επίπεδο.

Αντίθετα με τον αλγόριθμο αποθήκευσης κατά Z, στην τεχνική ray tracing οι εικόνες

μπορούν να έχουν σκιές και αντανakλάσεις, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα. Ειδικότερα οι σκιές βοηθούν το ανθρώπινο οπτικό σύστημα να κατανοήσει τις σχετικές θέσεις των αντικειμένων. Αυτό γίνεται ιδιαίτερα εμφανές παρατηρώντας τα επόμενα σχήματα.



Εικόνα 27: Απεικόνιση αντικειμένου με τη τεχνική ray-tracing rendering.



Εικόνα 28: Απεικόνιση αντικειμένου με τη τεχνική ray-tracing rendering.

#### 14.6. Ο αλγόριθμος Radiosity

Ο αλγόριθμος Radiosity, όπως ο ray tracing, προσπαθεί να παρακολουθήσει τα ίχνη αλλαγής του φωτός σε μια εικόνα. Η διαφορά έγκειται στο είδος του φωτός που είναι κατάλληλο σε κάθε περίπτωση.

Λόγω του ότι η τεχνική ray tracing χρησιμοποιεί λεπτές ακτίδες φωτός, αντιμετωπίζει καλύτερα το φως που προέρχεται από σημειακές πηγές. Οι σκιές έχουν έντονες άκρες γιατί η δοκιμαστική ακτίνα της πηγής φωτός είτε φτάνει εκεί είτε όχι. Αν όμως κοιτάξουμε σ' ένα δωμάτιο θα δούμε και πολλές απαλές σκιές. Θα παρατηρήσουμε επίσης ότι υπάρχουν μερικές περιοχές που δεν είναι άμεσα φωτιζόμενες από συγκεκριμένη πηγή φωτός αλλά από την άλλη μεριά δεν είναι απολύτως σκοτεινές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το πάτωμα κάτω από ένα γραφείο. Φωτίζεται από δευτερεύουσα πηγή, από τον τοίχο ή την καρέκλα, αλλά όχι απευθείας από λάμπα ή τον ήλιο. Ο αλγόριθμος radiosity υπερτερεί στην υλοποίηση τέτοιου είδους φωτισμού, που ονομάζεται διάχυτη αντανάκλαση (diffuse reflection) ή δευτερεύουσα διασπορά (secondary scatter).

Στην τεχνική radiosity, όπως και στον αλγόριθμο χαρτογράφησης κατά Z, η εικόνα αναλύεται σε έναν αριθμό από πολύγωνα. Στην πραγματικότητα αυτά τα πολύγωνα τελικά θα αποδοθούν χρησιμοποιώντας Z-buffer. Η διαφορά βρίσκεται στον καθορισμό των χρωμάτων.

Ο αλγόριθμος radiosity αρχικά υπολογίζει το ποσοστό του φωτός σε κάθε πολύγωνο που διεισδύει στα υπόλοιπα. Με άλλα λόγια, σε περίπτωση που κάποιο από τα πολύγωνα φωτιστεί έντονα, ο αλγόριθμος υπολογίζει πόσο από το φως αυτό χτυπάει άμεσα τα υπόλοιπα πολύγωνα. Αυτοί οι παράγοντες συνένωσης καθορίζονται μεταξύ όλων των ζευγαριών πολυγώνων και ονομάζονται form factors.

Από τη στιγμή που θα βρεθούν αυτοί οι form factors έχει καθοριστεί και το τελικό χρώμα των πολυγώνων. Αυτό γίνεται θέτοντας αρχικά τη φωτεινότητα κάθε πολυγώνου στο 0, το οποίο αντιστοιχεί στο μαύρο. Τα μόνα πολύγωνα που δεν θα εμφανίζονται μαύρα θα είναι αυτά που θα απεικονίζουν τις πηγές φωτός.

Υπάρχουν μεγάλες διαφορές στις απόψεις για το πώς συνεχίζουμε στο επόμενο βήμα. Η βασική ιδέα είναι ότι τα φωτεινά πολύγωνα οδηγούν στο φωτισμό άλλων πολυγώνων, τα οποία με τη σειρά τους οδηγούν στο φωτισμό περισσότερων πολυγώνων. Οι form factors χρησιμοποιούνται για να καθοριστεί ο βαθμός που ένα φωτεινό πολύγωνο φωτίζει τα υπόλοιπα πολύγωνα. Αυτή η διαδικασία φωτισμού συνεχίζεται έως ότου η φωτεινότητα καθοριστεί πλήρως. Έτσι λοιπόν, το φως που φτάνει στο πάτωμα κάτω από το γραφείο μπορεί να προέρχεται από τον τοίχο, ο οποίος φωτίζεται από το ταβάνι και το οποίο με τη σειρά του φωτίζεται από μια λάμπα.

Όταν η τελική εμφανής τιμή για το χρώμα των πολυγώνων έχει καθοριστεί, τα πολύγωνα πλέον πρέπει να ζωγραφιστούν. Αυτό συνήθως γίνεται με Z-buffer rendering. Συνεπώς ο αλγόριθμος radiosity αποτελεί κυρίως ένα προκαταρκτικό βήμα για τον καθορισμό του χρώματος παρά μια μέθοδο απεικόνισης.

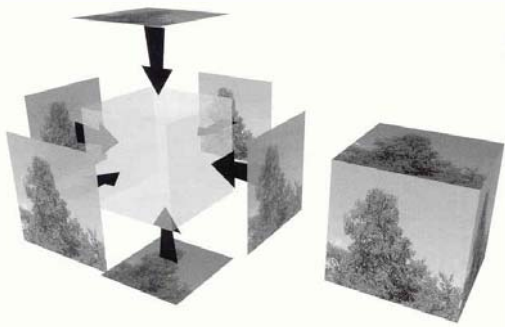


Εικόνα 29: Απεικόνιση αντικειμένου με τη τεχνική radiosity.

## 15. Χαρτογράφηση υφής (texture mapping)

Το texture mapping είναι μια διαδικασία αντικατάστασης της παραμέτρου υπολογιζόμενου χρώματος με μια εξωτερική τιμή. Η πιο κοινή περίπτωση του texture mapping προκύπτει όταν το διάχυτο χρώμα του αντικειμένου αντικαθίσταται με μια εικόνα, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα. Τα pixel στην υφή του αρχικού χάρτη ονομάζονται texel, για να αποφευχθεί η σύγχυση με τα pixel της εικόνας που αποδίδεται.

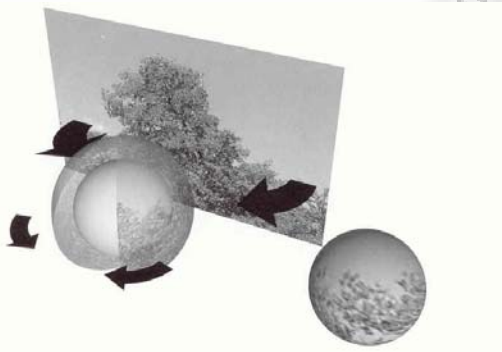




Εικόνα 30: Texture mapping σε κύβο



Εικόνα 31: Texture mapping σε κύλινδρο



Εικόνα 32: Texture mapping σε σφαίρα

Η διαδικασία του texture mapping απαιτεί κάποια πρόσθετη δουλειά στο επίπεδο μοντελοποίησης. Καταρχήν, πρέπει να αναλογιστούμε τον τρόπο με τον οποίο το σύστημα γνωρίζει ποιο σημείο του χάρτη αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο σημείο του αντικειμένου. Ο χρήστης καθορίζει τις συντεταγμένες της υψής στο μήκος του αντικειμένου κατά τη διάρκεια της μοντελοποίησης. Οι συντεταγμένες υψής παρεμβάλλονται κατά μήκος κάθε πολυγώνου εκτός από την τελικές τιμές χρώματος. Στην περίπτωση του διάχυτου χρώματος στο texture mapping, σε κάθε pixel, οι παρεμβαλλόμενες συντεταγμένες υψής χρησιμοποιούνται για να αναγνωρίσουν μια συγκεκριμένη τοποθεσία στον χάρτη. Το χρώμα του χάρτη σε αυτήν την περιοχή χρησιμοποιείται για το διάχυτο χρώμα του αντικειμένου στο pixel.

Πρέπει να σημειώσουμε ότι το χρώμα του χάρτη υψής δεν αποτελεί το τελικό χρώμα του pixel, αλλά το διάχυτο χρώμα του αντικειμένου. Το τελικό χρώμα εξαρτάται τόσο από το διάχυτο χρώμα όσο και από τον φωτισμό. Για το λόγο αυτό, ο συνολικός φωτισμός υπολογίζεται στις κορυφές κάθε πολυγώνου και κατόπιν παρεμβάλλεται σε κάθε pixel. Αυτός ο παρεμβαλλόμενος φωτισμός, στη συνέχεια, εφαρμόζεται στο χρώμα του χάρτη υψής για να καταλήξουμε στο τελικό χρώμα του pixel.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΠΛΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΣΕ ΕΙΚΟΝΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

### 1. Σκοπός

Σκοπός του εκπαιδευτικού σεναρίου είναι η δημιουργία ενός απλού παιχνιδιού για παιδιά όπου θα μπορούν να κατανοήσουν διαφορετικά γεωμετρικά στερεά στο χώρο και να τα αντιστοιχήσουν με τις προβολές τους σε ένα επίπεδο το οποίο θα είναι το πάνω μέρος του κουτιού αποθήκευσής τους.

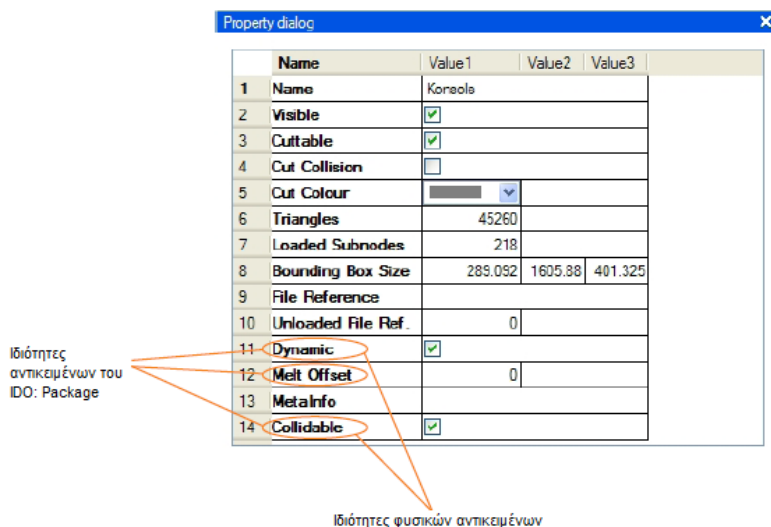
Κάθε στερεό θα πρέπει να έχει διαφορετικό χρώμα από τα υπόλοιπα και θα πρέπει να του αποδοθούν κατάλληλες ιδιότητες ώστε να μην μπορεί να διαπεράσει άλλα στερεά. Ο χρήστης θα μπορεί να αλλάξει δυναμικά το μέγεθός τους, το χρώμα τους και θα μπορεί να τα μετακινεί όλα μαζί ή μεμονωμένα.

### 2. Υλοποίηση

Η γεωμετρία δημιουργήθηκε με το πρόγραμμα 3d Studio σε VRML format. Τα μοντέλα έγιναν στη συνέχεια import στη πλατφόρμα VDP, όπου έγινε η μετατροπή τους σε format .icb το οποίο παρέχει βελτιστοποίηση ως προς τη ταχύτητα του real time rendering. Οι υπόλοιπες πληροφορίες της σκηνής αποθηκεύτηκαν σε αρχείο της μορφής .ido το οποίο είναι το format της πλατφόρμας VDP το οποίο περιγράφει όλα τα άλλα αντικείμενα (κάμερες, φώτα κ.λ.π.) εκτός των γεωμετρικών αντικειμένων. Τέλος δημιουργήθηκε ένα στιγμιότυπο (State) του εικονικού κόσμου όπου έχουν σωθεί επιπρόσθετες ιδιότητες, όπως για παράδειγμα η ανίχνευση συγκρούσεων, του οποίου η πληροφορία αποθηκεύεται σε αρχείο της μορφής XML.

#### 2.1. Οι ιδιότητες των αντικειμένων

Τα γεωμετρικά σχήματα μπορεί να έχουν διαφορετικές ιδιότητες. Σε κάποιο βαθμό, σχετίζονται με το χειρισμό πρόσκρουσης και τους περιορισμούς.



Εικόνα 33: Ιδιότητες των αντικειμένων

- **Dynamic (Δυναμική):** η δυναμική παράμετρος καθορίζει ποια αντικείμενα έχουν τη δυνατότητα να μετακινηθούν με την εμπυθιστική λειτουργία “grab” («πιάσιμο»). Όλα τα υπόλοιπα αντικείμενα είναι στατικά και δεν μπορούν να πιαστούν ή να μετακινηθούν από το εμπυθιστικό laser. Χρησιμοποιώντας ένα space mouse, τα αντικείμενα μπορούν να μετακινηθούν στον κινητικό τρόπο λειτουργίας (move mode) όμοια με την εμπυθιστική λειτουργία “grab”. Επιπλέον, όλα τα υπόλοιπα αντικείμενα χωρίς τις ιδιότητες “Collidable” ή “Dynamic” μπορούν να μετακινηθούν με το space mouse.
- **Collidable (Προσκρούμενη):** η γεωμετρία πρόσκρουσης αυτών των αντικειμένων θα υπολογιστεί και θα χρησιμοποιηθεί (υπολογισμός με τη λειτουργία scan). Μόνο προσκρούμενα αντικείμενα μπορούν να συγκρουστούν με άλλα προσκρούμενα αντικείμενα.
- **Melt Offset:** χειρίζεται σφάλματα διακριτοποίησης (tessellation)

## 2.2. Καθορισμός ιδιοτήτων

Με τη βοήθεια του μενού context (δεξί κουμπί του ποντικιού) και της λειτουργίας “Show Properties” («Εμφάνιση Ιδιοτήτων») σε ένα αντικείμενο στο γράφο σκηνής, μπορείτε να εμφανίσετε τις ιδιότητές του. Το παράθυρο “Scene Object Properties” («Ιδιότητες Αντικειμένων Σκηνής») εμφανίζεται.

Οι παράμετροι διαχείρισης σύγκρουσης εμφανίζονται στο “Physical Object Properties” («Ιδιότητες Φυσικών Αντικειμένων»). Είναι ρυθμισμένες στο “as Parent” από προεπιλογή.

Καθορίζετε τις “Scene Object Properties” επιλέγοντας ένα αντικείμενο στο γράφο σκηνής ή στη προβολή γεωμετρίας και διαλέγοντας την κατάλληλη ιδιότητα στο παράθυρο “Scene Object Properties”.

Το ανώτατο ενός αντικειμένου με μία από τις ιδιότητες “dynamic”, “virtual moveable” («εικονική κινούμενη») ή “virtual static” («εικονική στατική») μπορεί να βρίσκεται σε κάθε κλάδο της δομής δέντρου, για παράδειγμα τέτοια αντικείμενα δεν μπορούν να ταξινομηθούν ως «ύψιστου επιπέδου» (“higher-level”) στη δομή δέντρου. Για αυτό το λόγο η επιλογή των ιδιοτήτων “Physical Object” είναι περιορισμένη ή αδύνατη σε συγκεκριμένες περιπτώσεις.

11	Dynamic	<input checked="" type="checkbox"/>
12	Melt Offset	<input type="checkbox"/>
13	MetalInfo	<input type="checkbox"/>
14	Collidable	<input checked="" type="checkbox"/>

Εικόνα 34: Καθορισμός ιδιοτήτων

## 2.3. Υπολογισμός δομής

Καθώς το “Physical Object Properties” και το “Melt Offset” μπορούν να μετατραπούν ανά πάσα στιγμή, η δομή πρέπει να επανυπολογιστεί μετά από κάθε αλλαγή. Αυτή η λειτουργία, “Scan Structure”, είναι ενεργή μόνο όταν ο υπολογισμός είναι απαραίτητος.

Επειδή εξαρτάται από την πολυπλοκότητα των δεδομένων και τον αριθμό των δυναμικών αντικειμένων, ο υπολογισμός μπορεί να διαρκέσει από λίγα χιλιοστά του δευτερολέπτου μέχρι λίγα λεπτά. Όταν ο επανυπολογισμός της δομής είναι απαραίτητος, το εικονίδιο “Scan Structure” γίνεται ενεργό και το laser απενεργοποιείται στο εμπυθιστικό περιβάλλον. Μετά από υπολογισμό της δομής, το εικονίδιο “Scan Structure” γκριζάρει και το “grab” είναι ξανά διαθέσιμο στο μενού 3D σφαίρας (3D sphere).

Ο υπολογισμός της δομής μπορεί επίσης να επιλεγεί μέσω του μενού 3D σφαίρας με τη

Λειτουργία “scan” (η λειτουργία “scan” είναι διαθέσιμη μόνο αν ο επανυπολογισμός της δομής είναι απαραίτητος).

#### 2.4. Διαδοχή των ιδιοτήτων των αντικειμένων

Το επίπεδο ιεραρχίας της δομής δέντρου είναι πολύ σημαντικό όταν καθορίζονται οι ιδιότητες των αντικειμένων. Ο καθοριστικός παράγοντας είναι το επίπεδο κόμβων, όπου ορίζονται οι ιδιότητες. Η αλλαγή των δυναμικών και των προσκρούμενων ιδιοτήτων αντικειμένων είναι δυνατή μόνο σε αυτό το επίπεδο, στο οποίο έχουν αρχικώς προσδιοριστεί. Τα κουτιά ελέγχου (check boxes) της διαδοχής δυναμικών και προσκρούμενων ιδιοτήτων γκριζάρονται και δεν μπορούν να αλλάξουν.

Αυτή η δομή ιεραρχίας είναι επίσης ο προσδιοριστικός παράγοντας για τη μετακίνηση αντικειμένων με τη λειτουργία “grab” στο εμπυθιστικό σύστημα και τον καθορισμό περιορισμών. Με τη λειτουργία grab όλα τα αντικείμενα του κόμβου (συμπεριλαμβανομένων των αντίστοιχων θυγατρικών αντικειμένων) θα μετακινηθούν σε περίπτωση καθορισμού της δυναμικής παραμέτρου.

Name	Value1	Value2	Value3
1 Name	Stz Ji		
2 Visible	<input checked="" type="checkbox"/>		
3 Cutable	<input checked="" type="checkbox"/>		
4 Cut Collision	<input type="checkbox"/>		
5 Cut Colour			
6 Triangles	23006		
7 Loaded Subnodes	17		
8 Bounding Box Size	670.63	644.875	1072.17
9 File Reference			
10 Unloaded File Ref	0		
11 Dynamic	<input checked="" type="checkbox"/>		
12 Melt Offset	0		
13 MetaInfo			
14 Collidable	<input checked="" type="checkbox"/>		

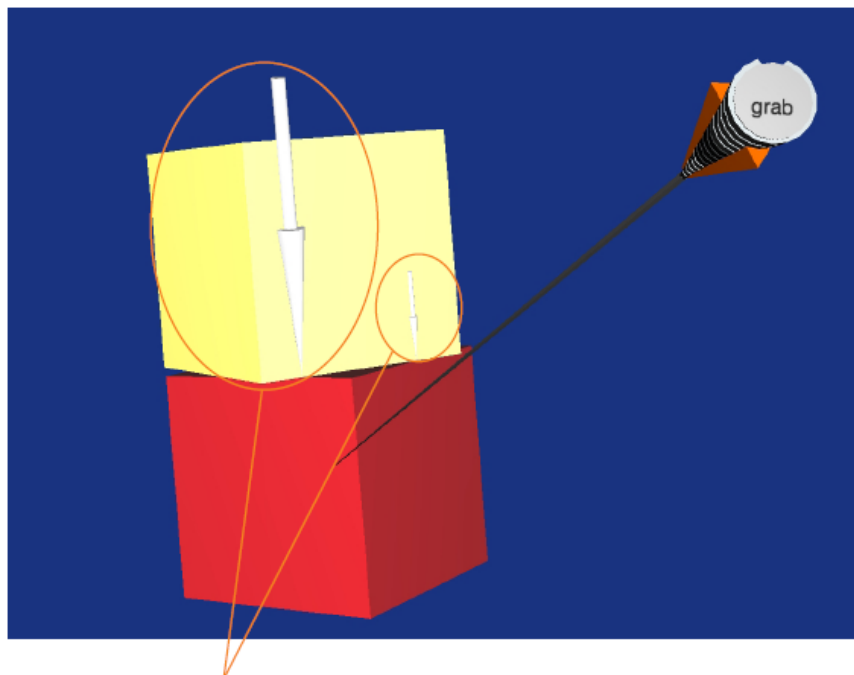
Οι ιδιότητες των αντικειμένων σε αυτό το επίπεδο κόμβων είναι επιδεικτικές αλλαγής.

Εικόνα 35: Αλλαγές ανά επίπεδο κόμβου

#### 2.5. Πρόσκρουση με άλλα αντικείμενα

Στην επαφή, βέλη πρόσκρουσης ως διανύσματα τάσεων εμφανίζονται στα σημεία επαφής. Αν είναι δυνατόν, το σώμα ξεκινά να γλιστρά στις επαπτόμενες επιφάνειες. Αυτό περιορίζει την ελευθερία κίνησης του και το σώμα μπορεί μόνο υπό όρους να ακολουθήσει την κίνηση του χεριού σας.

Αυτό μπορεί επίσης να γίνει ορατό από τις δυνάμεις που μπορούν να ερμηνευθούν ως η τάση των αόρατων ελασμάτων μεταξύ των οδηγούμενου χεριού και του σημείου πρόσκρουσης.



Τα βέλη πρόσκρουσης δείχνουν τα σημεία επαφής

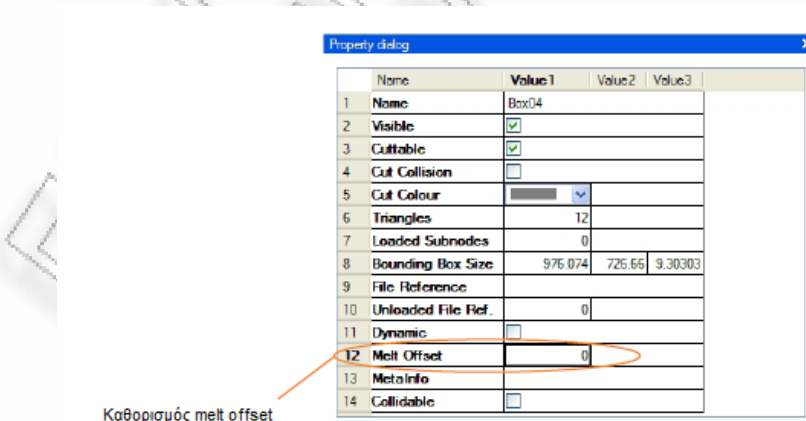
Εικόνα 36: Βέλη πρόσκρουσης - διανύσματα τάσεων

## 2.6. Τήξη γεωμετριών

Υπάρχει μία ιδιότητα “Melt Offset” στο “Scene Object Properties” («Ιδιότητες Αντικειμένων Σκηνής») για να μεταχειριστεί τα σφάλματα διακριτοποίησης και να είναι δυνατόν να χρησιμοποιεί σωστά και λειτουργικά τις εικονικές επαφές.

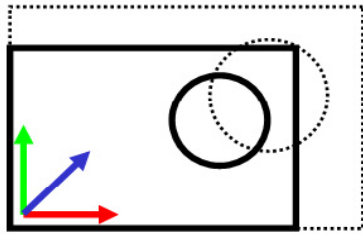
Αν αυτή η αξία έχει οριστεί στο μηδέν, η γεωμετρία ακολουθείται ακριβώς χωρίς μετατροπές. Αν είναι μεγαλύτερη του μηδενός, η γεωμετρία τήκεται από όλες τις πλευρές με βάση τη συγκεκριμένη αξία.

Αυτή η αξία πρέπει να ερμηνεύεται στη μονάδα που έχει οριστεί από την επιλογή “Metric”. Η παράμετρος αυτή επηρεάζει μόνο τα δυναμικά αντικείμενα. Η οπτική απεικόνιση του αντικειμένου δεν αλλάζει.

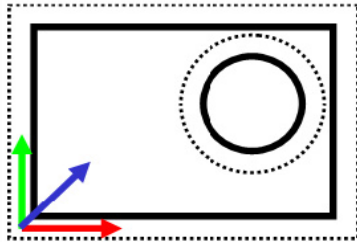


Καθορισμός melt offset

Εικόνα 37: Καθορισμός melt offset



Εικόνα 38: Λειτουργία Scale



Εικόνα 39: Λειτουργία Melt

### 2.7. Περιορισμός κίνησης

Η μεταφορά και οι περιστροφές των δυναμικών γεωμετρικών σχημάτων μπορούν να ρυθμιστούν σε καθορισμένο άξονα με περιορισμούς.

- **Constraint (Περιορισμός):** Στο πρώτο κουτί ελέγχου, θα καθοριστεί το σημείο αναφοράς του άξονα. Διαθέσιμες είναι οι ακόλουθες επιλογές: “World” (προσανατολισμός είναι το σημείο προέλευσης), “Local” (τοπικό σύστημα συντεταγμένων του επιλεγμένου αντικειμένου γεωμετρίας) and “BoundingBox” (προσανατολισμός είναι το κεντρικό σημείο του bounding box του μικρότερου κουτιού που εμπεριέχει ένα τρισδιάστατο αντικείμενο).

- **Create:** Τα αντικείμενα θα μετακινηθούν με βάση τους όρους των περιορισμών όταν μετακινούνται με το space mouse ή με την εμβυθιστική “grab” λειτουργία (πιασίματος). Οι περιορισμοί τίθενται σε εφαρμογή όταν οι ανάλογες ιδιότητες αντικειμένων έχουν καθοριστεί.

- **Remove:** Η λειτουργία περιορισμού διακόπτεται και όλες οι αξίες στην περιοχή ιδιοτήτων επανατοποθετούνται στο “free”.

- **Transformation:** Η θέση και ο προσανατολισμός του σημείου αναφοράς μπορεί να αλλάξει χρησιμοποιώντας το «σύρτη» ή το διάλογο μεταφοράς. Ο διάλογος μεταφοράς ανοίγει και κλείνει με τη χρήση του κουμπιού της γραμμής εργαλείων.

- **Ιδιότητες:** Οι περιορισμοί των αξόνων καθορίζονται στην περιοχή ιδιοτήτων. Οι επιλεγμένες ευθυγραμμίσεις έχουν άμεση επίδραση στη μετατόπιση και τις περιστροφές των αντικειμένων γεωμετρίας. Οι περιορισμοί μετατόπισης μπορούν να συνδυαστούν με κάθε σειρά, ενώ οι περιορισμοί περιστροφών μπορούν να καθοριστούν μόνο σε ένα άξονα.

Μετατόπιση X/Y/Z: • free: δεν περιορίζεται σε αυτόν τον άξονα.

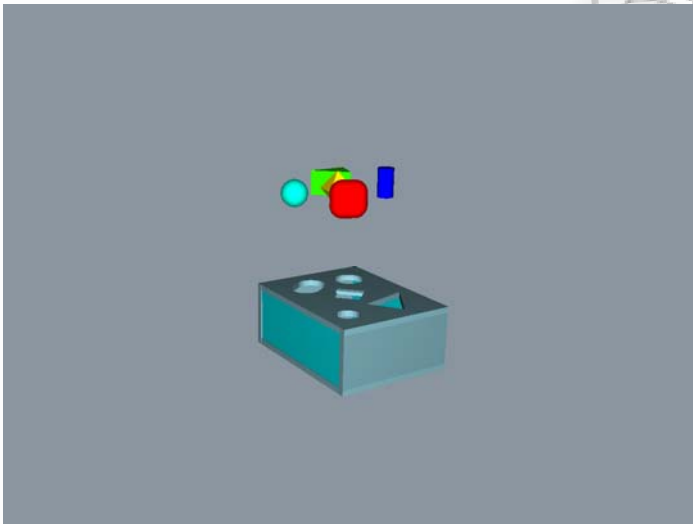
- locked: κλειδωμένη σε αυτόν τον άξονα.

- Περιστροφή:
- free: ελεύθερη περιστροφή γύρω από όλους τους άξονες.
  - free around X-Axis: περιστροφή μόνο γύρω από τον άξονα X.
  - free around Y-Axis: περιστροφή μόνο γύρω από τον άξονα Y.
  - free around Z-Axis: περιστροφή μόνο γύρω από τον άξονα Z.
  - locked: κλειδωμένη περιστροφή.

Οι περιορισμοί μπορούν να εφαρμοστούν μόνο σε αντικείμενα όταν η δυναμική ιδιότητα αντικείμενου έχει καθοριστεί απευθείας στο αντικείμενο. Οι περιορισμοί δεν έχουν επίδραση σε αντικείμενα με διαδοχή ιδιοτήτων δυναμικών αντικειμένων ή χωρίς ιδιότητες δυναμικών αντικειμένων.

### 2.8. Αρχική θέση εφαρμογής

Ακολουθεί ένα snapshot με την αρχική θέση της σκηνής από το viewpoint που ορίζει το state. Σε όλα τα αντικείμενα έχουν εφαρμοστεί οι περισσότερες από τις ιδιότητες που περιγράφηκαν ανωτέρω και μπορούν δυναμικά να αλλάξουν σε πραγματικό χρόνο.



Εικόνα 40: Snapshot εκπαιδευτικής εφαρμογής

## 3. Κώδικας XML

Η παραμετροποίηση του λογισμικού VDP δημιούργησε το παρακάτω κώδικα XML ο οποίος περιγράφει τις παραμέτρους του εικονικού κόσμου. Για την παραμετροποίηση και δημιουργία του κώδικα χρησιμοποιήθηκαν τόσο το module IDO-Explore VDP (μετασχηματισμοί συντεταγμένων, κλίμακα, χρώματα, αρχική τοποθέτηση κάμερας κ.λ.π.) όσο και το module IDO-Package στο οποίο δημιουργήθηκαν οι περιορισμοί κίνησης και τρέχει η μηχανή φυσικών ιδιοτήτων.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no" ?>
- <root>
<String Version="VDP 2007" />
<String Subversion="1.1" />
<Integer numberOfSections="1" />
```

```

- <State name="State_0">
  <String Name="initial" />
  <IDFile ImageFile="initial.png" />
  <String Description="" />
  <Matrix44f NavigationView="5.80149770e-001 2.53500789e-002 -8.14115226e-001
    0.00000000e+000 -2.40897104e-001 9.60140586e-001 -1.41769543e-001 0.00000000e+000
    7.78071225e-001 2.78365552e-001 5.63132048e-001 0.00000000e+000 5.50444937e+000
    2.69621110e+000 3.94224715e+000 1.00000000e+000" />
  <Matrix44f HeadView="5.80149770e-001 2.53500789e-002 -8.14115226e-001 0.00000000e+000 -
    2.40897104e-001 9.60140586e-001 -1.41769543e-001 0.00000000e+000 7.78071225e-001
    2.78365552e-001 5.63132048e-001 0.00000000e+000 5.50444937e+000 2.69621110e+000
    3.94224715e+000 1.00000000e+000" />
  <Boolean ApplyViewpoint="true" />
  <Boolean ApplyNavigation="false" />
  <Integer numberOfSections="8" />
- <StateContainer name="StateContainer_0">
  <String Module="libIDOExplore" />
  <String Classname="IDOAppStateContainer" />
  <String ClassLibrary="libIDOAppInterface" />
  <Integer numberOfSections="4" />
- <StatePart name="StatePart_0">
  <String Name="External References" />
  <Boolean apply="true" />
  <String Classname="IDOAppStatePartExternalReferences" />
  <String ClassLibrary="libIDOExploreApp" />
  <Boolean UnloadedReferences="true" />
  <SceneObjectRefList ExternalReferences="0" />
  </StatePart>
- <StatePart name="StatePart_1">
  <String Name="Visible Objects" />
  <Boolean apply="true" />
  <String Classname="IDOAppStatePartVisible" />
  <String ClassLibrary="libIDOExploreApp" />
  <Boolean ListIsVisible="false" />
  <SceneObjectRefList VisibleObjects="0" />
  </StatePart>
- <StatePart name="StatePart_2">
  <String Name="Transformed Objects" />
  <Boolean apply="true" />
  <String Classname="IDOAppStatePartTransformation" />
  <String ClassLibrary="libIDOExploreApp" />
  <Integer numberOfSections="7" />
- <TransformedObject name="object_0">
  <SceneObjectRef Object="_" />
  <Matrix44f Transform="9.99934673e-001 -9.20254365e-003 6.74471725e-003 0.00000000e+000

```



```

9.18515120e-003 9.99953985e-001 2.60687317e-003 0.00000000e+000 -6.76839845e-003 -
2.54475558e-003 9.99973893e-001 0.00000000e+000 2.92310352e+001 -2.60691967e+001
6.23227501e+000 1.00000000e+000" />
</TransformedObject>
<TransformedObject name="object_1">
<SceneObjectRef Object="_0" />
<Matrix44f Transform="1.00000010e+001 7.71251507e-009 -7.45058060e-009 0.00000000e+000 -
1.45519152e-011 1.00000000e+001 1.86264515e-009 0.00000000e+000 7.45058060e-009
1.86264515e-009 1.00000000e+001 0.00000000e+000 -1.90734863e-006 1.90734863e-006 -
4.76837158e-007 1.00000000e+000" />
</TransformedObject>
<TransformedObject name="object_2">
<SceneObjectRef Object="_0_1_0" />
<Matrix44f Transform="9.99931991e-001 -9.52772237e-003 -6.75353641e-003 0.00000000e+000
9.52332094e-003 9.99954879e-001 -6.85026171e-004 0.00000000e+000 6.75958209e-003
6.20657171e-004 9.99976933e-001 0.00000000e+000 5.06653481e+001 4.17769775e+001 -
7.03771734e+000 1.00000000e+000" />
</TransformedObject>
<TransformedObject name="object_3">
<SceneObjectRef Object="_0_2_0" />
<Matrix44f Transform="9.99950349e-001 -7.35131698e-003 -6.73426269e-003 0.00000000e+000
7.30998628e-003 9.99954879e-001 -6.14223164e-003 0.00000000e+000 6.77885534e-003
6.09268853e-003 9.99958634e-001 0.00000000e+000 2.24169178e+001 2.59405499e+001 -
2.12804184e+001 1.00000000e+000" />
</TransformedObject>
<TransformedObject name="object_4">
<SceneObjectRef Object="_0_3_0" />
<Matrix44f Transform="9.99976873e-001 -7.79635971e-004 -6.75294921e-003 0.00000000e+000
7.15315517e-004 9.99954879e-001 -9.52109415e-003 0.00000000e+000 6.76016929e-003
9.51603241e-003 9.99932110e-001 0.00000000e+000 3.95576715e-001 2.58413086e+001 -
3.11723862e+001 1.00000000e+000" />
</TransformedObject>
<TransformedObject name="object_5">
<SceneObjectRef Object="_0_4_0" />
<Matrix44f Transform="9.99932170e-001 -6.75267586e-003 9.50900279e-003 0.00000000e+000
6.76096464e-003 9.99976754e-001 -8.59101012e-004 0.00000000e+000 -9.50299017e-003
9.23340791e-004 9.99954879e-001 0.00000000e+000 3.06699600e+001 -4.67520666e+000 -
2.61994247e+001 1.00000000e+000" />
</TransformedObject>
<TransformedObject name="object_6">
<SceneObjectRef Object="_0_5_0_0" />
<Matrix44f Transform="9.99950349e-001 -7.35131698e-003 -6.73426269e-003 0.00000000e+000
7.30998628e-003 9.99954879e-001 -6.14223164e-003 0.00000000e+000 6.77885534e-003
6.09268853e-003 9.99958634e-001 0.00000000e+000 2.27722721e+001 2.57182331e+001 -
2.17818756e+001 1.00000000e+000" />
</TransformedObject>
</StatePart>
<StatePart name="StatePart_3">

```

```

<String Name="Filter Views" />
<Boolean apply="true" />
<String Classname="IDOAppStatePartFilterView" />
<String ClassLibrary="libIDOExploreApp" />
<Integer filterviewnum="0" />
  </StatePart>
</StateContainer>
: <StateContainer name="StateContainer_1">
  <String Module="libIDOPrepare" />
  <String Classname="IDOAppStateContainer" />
  <String ClassLibrary="libIDOAppInterface" />
  <Integer numberOfSections="1" />
: <StatePart name="StatePart_0">
  <String Name="Material Objects" />
  <Boolean apply="true" />
  <String Classname="IDOAppStatePartMaterial" />
  <String ClassLibrary="libIDOPrepare" />
  <Integer materialnum="7" />
: <MaterialList name="Material_0">
  <String MaterialName="" />
  <Integer shadernum="1" />
: <Shader name="Shader_0">
  <Boolean active="true" />
  <String relatedrenderer="Arbitrary" />
  <Integer passnum="1" />
: <Pass name="Pass_0">
  <Integer blendfunc="0" />
  <Vec3f diffuse="0.00000000e+000 0.00000000e+000 1.00000000e+000 1.00000000e+000" />
  <Vec3f ambient="0.00000000e+000 0.00000000e+000 1.00000000e+000 1.00000000e+000" />
  <Vec3f specular="0.00000000e+000 0.00000000e+000 0.00000000e+000 1.00000000e+000" />
  <Vec3f emissive="0.00000000e+000 0.00000000e+000 0.00000000e+000 1.00000000e+000" />
  <Float shininess="1.44999996e-001" />
  <Float transparency="0.00000000e+000" />
  <Integer texturenum="0" />
  </Pass>
</Shader>
<SceneObjectRefList ref_0="_0_5_0_0" refedID="1" />
</MaterialList>
: <MaterialList name="Material_1">
  <String MaterialName="" />
  <Integer shadernum="1" />
: <Shader name="Shader_0">
  <Boolean active="true" />
  <String relatedrenderer="Arbitrary" />

```

```

<Integer passnum="1" />
<Pass name="Pass_0">
  <Integer blendfunc="0" />
  <Vec3f diffuse="0.00000000e+000 7.96100020e-001 8.23499978e-001 1.00000000e+000" />
  <Vec3f ambient="0.00000000e+000 7.96100020e-001 8.23499978e-001 1.00000000e+000" />
  <Vec3f specular="0.00000000e+000 0.00000000e+000 0.00000000e+000 1.00000000e+000" />
  <Vec3f emissive="0.00000000e+000 0.00000000e+000 0.00000000e+000 1.00000000e+000" />
  <Float shininess="1.44999996e-001" />
  <Float transparency="0.00000000e+000" />
  <Integer texturenum="0" />
</Pass>
</Shader>
<SceneObjectRefList ref_0="_0_10_0" ref_1="_0_11_0" refedID="2" />
</MaterialList>
<MaterialList name="Material_2">
  <String MaterialName="" />
  <Integer shadernum="1" />
  <Shader name="Shader_0">
    <Boolean active="true" />
    <String relatedrenderer="Arbitrary" />
    <Integer passnum="1" />
    <Pass name="Pass_0">
      <Integer blendfunc="0" />
      <Vec3f diffuse="0.00000000e+000 1.00000000e+000 8.70599985e-001 1.00000000e+000" />
      <Vec3f ambient="0.00000000e+000 1.00000000e+000 8.70599985e-001 1.00000000e+000" />
      <Vec3f specular="0.00000000e+000 0.00000000e+000 0.00000000e+000 1.00000000e+000" />
      <Vec3f emissive="0.00000000e+000 0.00000000e+000 0.00000000e+000 1.00000000e+000" />
      <Float shininess="1.44999996e-001" />
      <Float transparency="0.00000000e+000" />
      <Integer texturenum="0" />
    </Pass>
  </Shader>
  <SceneObjectRefList ref_0="_0_2_0" refedID="1" />
</MaterialList>
<MaterialList name="Material_3">
  <String MaterialName="" />
  <Integer shadernum="1" />
  <Shader name="Shader_0">
    <Boolean active="true" />
    <String relatedrenderer="Arbitrary" />
    <Integer passnum="1" />
    <Pass name="Pass_0">
      <Integer blendfunc="0" />
      <Vec3f diffuse="1.64700001e-001 1.00000000e+000 0.00000000e+000 1.00000000e+000" />

```

```

<Vec3f ambient="1.64700001e-001 1.00000000e+000 0.00000000e+000 1.00000000e+000" />
<Vec3f specular="0.00000000e+000 0.00000000e+000 0.00000000e+000 1.00000000e+000" />
<Vec3f emissive="0.00000000e+000 0.00000000e+000 0.00000000e+000 1.00000000e+000" />
<Float shininess="1.44999996e-001" />
<Float transparency="0.00000000e+000" />
<Integer texturenum="0" />
  </Pass>
</Shader>
<SceneObjectRefList ref_0="_0_1_0" refedID="1" />
  </MaterialList>
- <MaterialList name="Material_4">
  <String MaterialName="" />
  <Integer shadernum="1" />
- <Shader name="Shader_0">
  <Boolean active="true" />
  <String relatedrenderer="Arbitrary" />
  <Integer passnum="1" />
- <Pass name="Pass_0">
  <Integer blendfunc="0" />
  <Vec3f diffuse="6.03900015e-001 8.43100011e-001 8.98000002e-001 1.00000000e+000" />
  <Vec3f ambient="1.20780006e-001 1.68620005e-001 1.79600000e-001 1.00000000e+000" />
  <Vec3f specular="0.00000000e+000 0.00000000e+000 0.00000000e+000 1.00000000e+000" />
  <Vec3f emissive="0.00000000e+000 0.00000000e+000 0.00000000e+000 1.00000000e+000" />
  <Float shininess="2.00000003e-001" />
  <Float transparency="0.00000000e+000" />
  <Integer texturenum="0" />
    </Pass>
  </Shader>
  <SceneObjectRefList ref_0="_0_6_0" ref_1="_0_7_0" ref_2="_0_8_0" ref_3="_0_9_0" refedID="4" />
  </MaterialList>
- <MaterialList name="Material_5">
  <String MaterialName="" />
  <Integer shadernum="1" />
- <Shader name="Shader_0">
  <Boolean active="true" />
  <String relatedrenderer="Arbitrary" />
  <Integer passnum="1" />
- <Pass name="Pass_0">
  <Integer blendfunc="0" />
  <Vec3f diffuse="1.00000000e+000 0.00000000e+000 0.00000000e+000 1.00000000e+000" />
  <Vec3f ambient="1.00000000e+000 0.00000000e+000 0.00000000e+000 1.00000000e+000" />
  <Vec3f specular="0.00000000e+000 0.00000000e+000 0.00000000e+000 1.00000000e+000" />
  <Vec3f emissive="0.00000000e+000 0.00000000e+000 0.00000000e+000 1.00000000e+000" />

```

```

<Float shininess="1.44999996e-001" />
<Float transparency="0.00000000e+000" />
<Integer texturenum="0" />
  </Pass>
</Shader>
<SceneObjectRefList ref_0="_0_4_0" refedID="1" />
</MaterialList>
- <MaterialList name="Material_6">
  <String MaterialName="" />
  <Integer shadernum="1" />
- <Shader name="Shader_0">
  <Boolean active="true" />
  <String relatedrenderer="Arbitrary" />
  <Integer passnum="1" />
- <Pass name="Pass_0">
  <Integer blendfunc="0" />
  <Vec3f diffuse="1.00000000e+000 9.17599976e-001 0.00000000e+000 1.00000000e+000" />
  <Vec3f ambient="1.00000000e+000 9.17599976e-001 0.00000000e+000 1.00000000e+000" />
  <Vec3f specular="0.00000000e+000 0.00000000e+000 0.00000000e+000 1.00000000e+000" />
  <Vec3f emissive="0.00000000e+000 0.00000000e+000 0.00000000e+000 1.00000000e+000" />
  <Float shininess="1.44999996e-001" />
  <Float transparency="0.00000000e+000" />
  <Integer texturenum="0" />
  </Pass>
</Shader>
<SceneObjectRefList ref_0="_0_3_0" refedID="1" />
</MaterialList>
</StatePart>
</StateContainer>
- <StateContainer name="StateContainer_2">
  <String Module="libIDORReview" />
  <String Classname="IDOAppStateContainer" />
  <String ClassLibrary="libIDOAppInterface" />
  <Integer numberOfSections="4" />
- <StatePart name="StatePart_0">
  <String Name="Marker" />
  <Boolean apply="true" />
  <String Classname="IDOAppStatePartMarker" />
  <String ClassLibrary="libIDORReview" />
  <Integer numberOfSections="0" />
  </StatePart>
- <StatePart name="StatePart_1">
  <String Name="Measurement" />
  <Boolean apply="true" />

```

```

<String Classname="IDOAppStatePartMeasurement" />
<String ClassLibrary="libIDORReview" />
<Integer numberOfSections="0" />
<Integer numberOfMinDistanceSections="0" />
</StatePart>
- <StatePart name="StatePart_2">
  <String Name="Cutplane" />
  <Boolean apply="true" />
  <String Classname="IDOAppStatePartCutplane" />
  <String ClassLibrary="libIDORReview" />
- <Cutplane name="">
  <Boolean Enabled="false" />
  <Matrix44f Transform="1.00000000e+000 0.00000000e+000 0.00000000e+000 0.00000000e+000
    0.00000000e+000 1.00000000e+000 0.00000000e+000 0.00000000e+000 0.00000000e+000
    0.00000000e+000 1.00000000e+000 0.00000000e+000 0.00000000e+000 0.00000000e+000
    0.00000000e+000 1.00000000e+000" />
  <Vec3f PlaneNormal="0.00000000e+000 0.00000000e+000 -1.00000000e+000" />
  <Float PlaneOffset="0.00000000e+000" />
  <Boolean LockedMode="false" />
  </Cutplane>
</StatePart>
- <StatePart name="StatePart_3">
  <String Name="Cutttable Objects" />
  <Boolean apply="true" />
  <String Classname="IDOAppStatePartSceneObjectCutProperties" />
  <String ClassLibrary="libIDORReview" />
- <DefaultValue name="CutProperties">
  <Integer ClipProperty="1" />
  <Integer ClipColour="0" />
  </DefaultValue>
  <Integer numberOfSections="0" />
  </StatePart>
</StateContainer>
- <StateContainer name="StateContainer_3">
  <String Module="Animation" />
  <String Classname="IDOAppStateContainer" />
  <String ClassLibrary="libIDOAppInterface" />
  <Integer numberOfSections="1" />
- <StatePart name="StatePart_0">
  <String Name="Animation Clips" />
  <Boolean apply="true" />
  <String Classname="IDOAnimationClipStatePart" />
  <String ClassLibrary="libIDOAnimation" />
  <Integer numberOfClips="0" />

```

```

</StatePart>
</StateContainer>
<StateContainer name="StateContainer_4">
  <String Module="libIDOPackage" />
  <String Classname="IDOAppStateContainer" />
  <String ClassLibrary="libIDOAppInterface" />
  <Integer numberOfSections="5" />
  <StatePart name="StatePart_0">
    <String Name="Dynamic Objects" />
    <Boolean apply="true" />
    <String Classname="IDOPackageStatePartDynamic" />
    <String ClassLibrary="libIDOPackage" />
    <SceneObjectRefList DynamicObjects="5" ref_0="_0_1_0" ref_1="_0_2_0" ref_2="_0_3_0"
      ref_3="_0_4_0" ref_4="_0_5_0_0" />
  </StatePart>
  <StatePart name="StatePart_1">
    <String Name="Collidable Objects" />
    <Boolean apply="true" />
    <String Classname="IDOPackageStatePartCollidable" />
    <String ClassLibrary="libIDOPackage" />
    <SceneObjectRefList CollidableObjects="10" ref_0="_0_1_0" ref_1="_0_2_0" ref_2="_0_3_0"
      ref_3="_0_4_0" ref_4="_0_5_0_0" ref_5="_0_6_0" ref_6="_0_7_0" ref_7="_0_8_0"
      ref_8="_0_10" ref_9="_0_11_0" />
  </StatePart>
  <StatePart name="StatePart_2">
    <String Name="Collision Handling Objects" />
    <Boolean apply="true" />
    <String Classname="IDOPackageStatePartCollisionHandling" />
    <String ClassLibrary="libIDOPackage" />
    <SceneObjectRefList CollisionHandling="0" />
  </StatePart>
  <StatePart name="StatePart_3">
    <String Name="Melt Objects" />
    <Boolean apply="true" />
    <String Classname="IDOPackageStatePartMeltOffset" />
    <String ClassLibrary="libIDOPackage" />
    <SceneObjectRefFloatList name="MeltObjects">
      <Integer MeltObjects="0" />
    </SceneObjectRefFloatList>
  </StatePart>
  <StatePart name="StatePart_4">
    <String Name="Constraint Objects" />
    <Boolean apply="true" />
    <String Classname="IDOPackageStatePartConstraints" />

```

```

<String ClassLibrary="libIDOPackage" />
<SceneObjectRefConstraintList name="ConstraintObjects">
  <Integer ConstraintObjects="0" />
  </SceneObjectRefConstraintList>
</StatePart>
</StateContainer>
<StateContainer name="StateContainer_5">
  <String Module="IDOSpecialTrackAudio" />
  <String Classname="IDOAppStateContainer" />
  <String ClassLibrary="libIDOAppInterface" />
  <Integer numberOfSections="1" />
  <StatePart name="StatePart_0">
    <String Name="IDOSpecialTrack Events" />
    <Boolean apply="true" />
    <String Classname="IDOAppStatePartEvents" />
    <String ClassLibrary="libIDOSpecialTrack" />
    <Integer numberOfEvents="0" />
  </StatePart>
</StateContainer>
<StateContainer name="StateContainer_6">
  <String Module="libIDOFlexible" />
  <String Classname="IDOAppStateContainer" />
  <String ClassLibrary="libIDOAppInterface" />
  <Integer numberOfSections="1" />
  <StatePart name="StatePart_0">
    <String Name="Flexible Objects" />
    <Boolean apply="true" />
    <String Classname="IDOAppStatePartFlexible" />
    <String ClassLibrary="libIDOFlexible" />
    <Integer NumberOfMaterials="0" />
    <Materials name="Materials" />
    <Boolean FlexCollisionHandlingSwitchedOn="false" />
    <Boolean FlexCollisionDetectionSwitchedOn="false" />
    <Integer NumberOfCollisionObjects="0" />
    <Integer numberOfCompounds="0" />
  </StatePart>
</StateContainer>
<StateContainer name="StateContainer_7">
  <String Module="libIDOErgonomics" />
  <String Classname="IDOAppStateContainer" />
  <String ClassLibrary="libIDOAppInterface" />
  <Integer numberOfSections="1" />
  <StatePart name="StatePart_0">
    <String Name="Ergonomics Objects" />

```



```
<Boolean apply="true" />
<String Classname="IDOCharATStatePartRole" />
<String ClassLibrary="libIDOErgonomics" />
- <Project name="Project">
  <String Name="InitialEmptyProject" />
  <IDOFile File="..!toy!" />
  </Project>
  </StatePart>
  </StateContainer>
  </State>
</root>
```

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ακόμα και με αυτή τη σύντομη γνωριμία με τους ανθρώπινους παράγοντες γίνεται φανερό ότι είναι ιδιαίτερα δύσκολο να επιτευχθεί τεχνολογία που να μιμείται με ακρίβεια την αίσθηση της όρασης, της ακοής, της αφής και της ισορροπίας. Αν όμως φέρουμε στο μυαλό μας ότι σκοπός του εικονικού κόσμου δεν είναι η αντικατάσταση των εμπειριών μας από την πραγματικότητα, αλλά ότι επιδιώκει να κάνει τα πράγματα να φαίνονται όσο το δυνατό περισσότερο ρεαλιστικά και να αξιοποιούνται με όσο το δυνατό πιο χρήσιμο τρόπο, τότε έχουμε την πλήρη λύση του προβλήματος.

Οι μηχανικοί δε θα ήθελαν να χτυπήσουν ένα εικονικό αντικείμενο με ένα εικονικό τσεκούρι για να ακούσουν το θόρυβο που κάνει, ούτε θα ήθελαν να σηκώσουν την εικονική μηχανή του αυτοκινήτου για να εκτιμήσουν το βάρος της. Ομοίως δε θα ήταν απαραίτητο να αισθανθούμε τη θερμοκρασία ενός εικονικού τρακτέρ όταν η μηχανή του τρέχει, ούτε θα ήταν χρήσιμο να εξομοιώσουμε την ομίχλη της ζέστης, τους καπνούς εξατμίσεων, τις δονήσεις και το κροτάλισμα των εικονικών εξαρτημάτων.

Για να μπορέσει η εικονική πραγματικότητα να χρησιμοποιηθεί από μια ευρεία ομάδα ανθρώπων θα πρέπει να είναι εύκολη στη χρήση, να προσαρμόζεται σε μια μεγάλη ποικιλία των ανθρώπινων απαιτήσεων και να μην προκαλεί κούραση στον χρήστη έτσι ώστε η εκμετάλλευση και χρήση του συστήματος να μη φαίνεται σαν αγγαρεία. Πολύ σημαντικό επίσης είναι να μην προκαλεί φαινόμενα ναυτίας στα άτομα που χειρίζονται το σύστημα του εικονικού περιβάλλοντος και τέλος, το σύστημα να μην απαιτεί μεγάλο χρονικό διάστημα εκμάθησης.

Είναι εύκολο να αναστατώσουμε το αισθητήριο σύστημά μας. Ακόμα και όταν φοράμε γυαλιά για το διάβασμα, τα οποία είναι οπτικά πολύ ισχυρά, μπορούν να προκαλέσουν κούραση και διαταραχή στην αίσθηση της ισορροπίας. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στο σχεδιασμό συστημάτων εικονικής πραγματικότητας.

Παρόλο που ο ήχος είναι ένα σημαντικό συμπληρωματικό στοιχείο, δε χρειάζεται να είναι τόσο ακριβής όσο το οπτικό κανάλι. Απλά, συγγενείς ήχοι που αναμεταδίδονται από ακουστικά τοποθετημένα στο κεφάλι είναι συνήθως περισσότερο από ικανοποιητικοί για την προσθήκη μιας επιπρόσθετης νότας ρεαλισμού για τα περισσότερα αντικείμενα. Τα ίδια ισχύουν για τις δυνάμεις αφής και αγγίγματος. Θα ήταν ωραίο να μπορούσαμε να αγγίξουμε ένα εικονικό αντικείμενο όταν πρώτα τα ακροδάχτυλά μας έρχονται σε επαφή, αλλά δεν είναι απαραίτητος τόσοσ εκλεπτυσμός, αν δεν υπάρχει απόδοσή μιας επιπλέον τιμής που μας φέρνει πιο κοντά στην πραγματικότητα.

Πιθανότατα η αίσθηση που απαιτεί μεγαλύτερη προσοχή είναι η ισορροπία. Διαταράσσεται πολύ εύκολα, ιδιαίτερα όταν έχουμε συγκρουόμενα στοιχεία από το οπτικό κανάλι και το σύστημα του διαδρόμου.

Είδαμε πως στην περιοχή των τρισδιάστατων γραφικών υπάρχουν πολλές τεχνικές οι οποίες αφορούν τη μοντελοποίηση των τρισδιάστατων αντικειμένων, τη μοντελοποίηση ενός ολόκληρου εικονικού περιβάλλοντος, τον προσδιορισμό φυσικών χαρακτηριστικών, την παραγωγή στερεοσκοπικών εικόνων και τον χρωματισμό τους. Αυτές οι τεχνικές χρησιμοποιούνται πολύ καιρό για εφαρμογές κίνησης και σχεδιασμό σε περιβάλλον CAD. Καμιά εφαρμογή όμως δεν είχε την απαίτηση να δουλεύει σε πραγματικό χρόνο και οι χρήστες ήταν προετοιμασμένοι να περιμένουν από λίγα δευτερόλεπτα έως και ώρες για να δούνε μια εικόνα. Αντιθέτως, στην εικονική πραγματικότητα χρειάζονται πολύ γρήγοροι αλγόριθμοι οι οποίοι να λειτουργούν σε πραγματικό χρόνο. Πρέπει κάθε εικονικό περιβάλλον να ανανεώνεται με συχνότητα τουλάχιστον 25Hz γεγονός που σημαίνει ότι ο διαθέσιμος χρόνος δημιουργίας κάθε εικόνας περιορίζεται στα 40ms.

## Βιβλιογραφία

1. Grigore Burdea and Philippe Coiffet, Virtual Reality Technology, John Wiley 2003 (2nd edition).
2. Richard Bartle, Designing Virtual Worlds, New Riders 2003.
3. John Vince, Virtual Reality Systems, Addison-Wesley 1995.
4. Karen Carr and Rupert England (eds.), Simulated and Virtual Realities, Taylor and Francis 1995.
5. D. Foley, et al., Introduction to Computer Graphics, Addison-Wesley, 1994.
6. A. Watt, M. Watt, Advanced Animation and Rendering Techniques, ACM Press, Addison-Wesley Publishing 1992.
7. VDP Reference Manual, ICIDO GmbH, 2009
8. Wikipedia, the free encyclopedia, World Wide Web, 2010

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ IDO:Explore

Το λογισμικό IDO:Explore παρέχει άμεση πρόσβαση σε ένα εμβυθιστικό (immersive) σύστημα, για παράδειγμα ένα Powerwall, καθώς και σε ένα desktop σύστημα εικονικής πραγματικότητας. Χωρίς να υπάρχει ανάγκη ιδιαίτερα εξειδικευμένων γνώσεων, ο χρήστης μπορεί να προετοιμάσει τα μηχανολογικά δεδομένα για παρουσιάσεις εικονικής πραγματικότητας από την επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή του. Χάρη στην άμεση λειτουργία (CAD navigation), οι χρήστες μπορούν να πλοηγηθούν εύκολα και άνετα στα δεδομένα. Μέσω της δυνατότητας χειρισμού των δεδομένων, οι εμβυθιστικές σκηνές μπορούν να βελτιστοποιηθούν, να αποθηκευθούν καθώς και να σταλούν για επιπρόσθετη επεξεργασία στο σχεδιαστικό σύστημα.

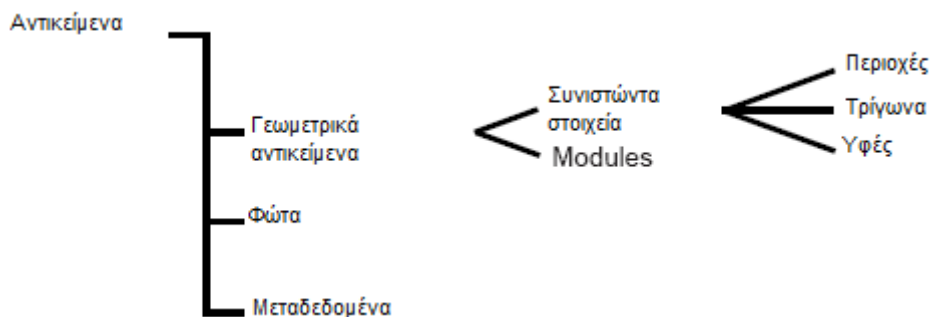
### Ορισμοί:

#### Χρήση των όρου «κόμβος»:

Στο IDO:Explore, κόμβοι ονομάζονται τα στοιχεία μίας δομής δέντρου.

#### Χρήση του όρου «αντικείμενα»:

Η προβολή δομής (scenegrph-γράφος σκηνής) του IDO:Explore παρουσιάζει αντικείμενα γεωμετρίας, φώτα και μεταδεδομένα σε μία δομή δέντρου.

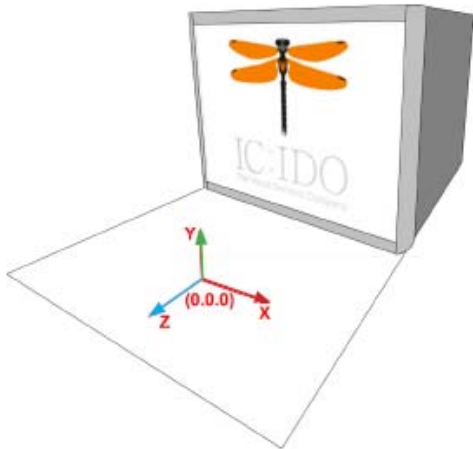


Προς χάριν της απλοποίησης, μερικές φορές οι όροι γεωμετρικά αντικείμενα, φώτα και μεταδεδομένα ενοποιούνται με το γενικό όρο «αντικείμενα».

#### Χρήση του όρου «επιλεγμένα αντικείμενα»:

Στο IDO:Explore, επιλεγμένα αντικείμενα είναι όλα τα αντικείμενα που έχουν επιλεγεί σε μία δομή δέντρου, προβολή γεωμετρίας ή σκηνή του εμβυθιστικού περιβάλλοντος.

## Το σύστημα συντεταγμένων



Τα εμπυθιστικά περιβάλλοντα και τα συστήματα CAD απαιτούν καθορισμό της πηγής και των αξόνων. Στην περίπτωση των modules IDO:software, η αρχή των αξόνων καθορίζεται στο μέσο της περιοχής προβολής στο δάπεδο.

Οι ακόλουθοι προσδιορισμοί βασίζονται στη θέση θέασης του μέσου της οθόνης και στην οπτική γωνία προς την οθόνη προβολής:

- **X-axis** δείχνει προς τα δεξιά
- **Y-axis** δείχνει πάνω
- **Z-axis** δείχνει μπροστά

## Μορφές δεδομένων

Διάφορα plugins μπορούν να εγκατασταθούν για να αυξήσουν τον αριθμό των μορφών δεδομένων.

Το IDO:Explore προσφέρει τις παρακάτω δυνατότητες φόρτωσης μορφών δεδομένων:

**1. Άνοιγμα αρχείων:** (\*.icb) (δεδομένα γεωμετρίας)

**2. Άνοιγμα συνεδρίας:** (\*.ido) (δεδομένα συνεδρίας)

**3. Εισαγωγή αρχείων:**

**Στην standard έκδοση:** OpenGL-Performer (\*.pfa, \*.pfb), OpenInventor (\*.iv), VRML1 (\*.wrl), VRML2 (\*.wrl), IDO:Software Version 3 και 4 αρχεία συνεδρίας (\*.ses)

**Με ένα κατάλληλο plugin:**

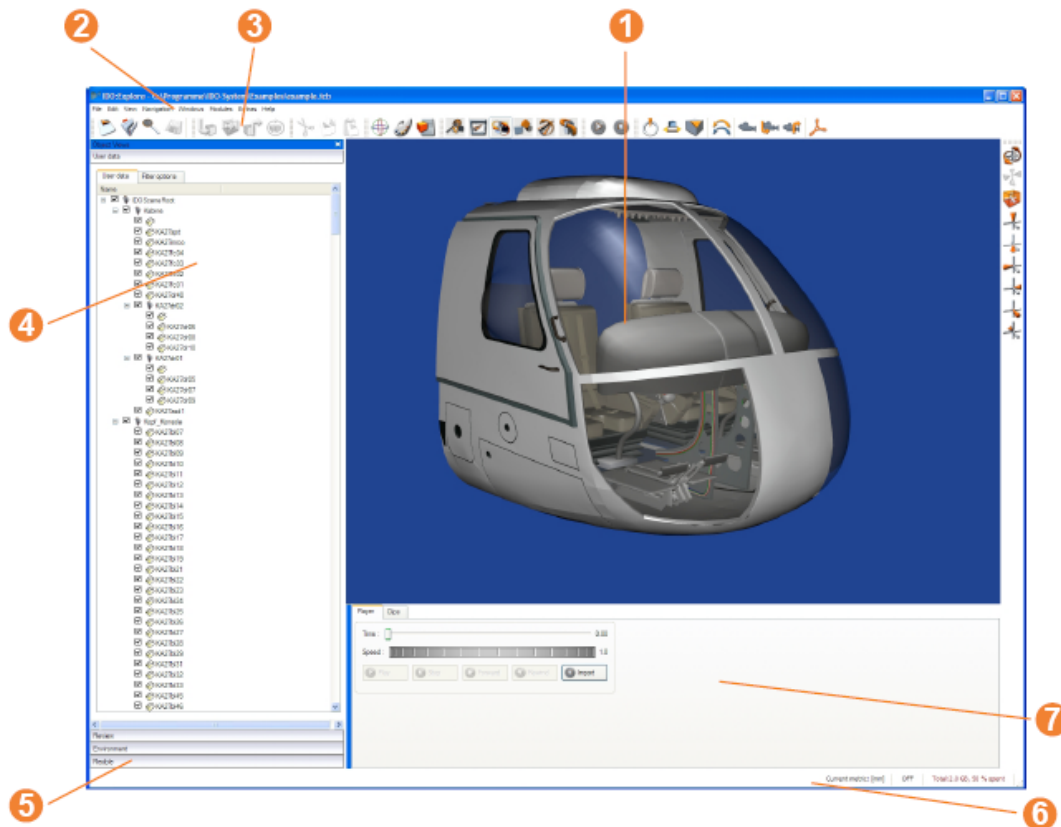
- φορτωτής CATIA V4 (\*.model)
- φορτωτής CATIA V5 (\*.catpart, \*.catproduct)
- φορτωτής JT, JT εργαλειοθήκη V2.1 (\*.jt) και ακολουθία κίνησης (\*.vfm);

Διαθέσιμα αν ο χρήστης είναι στην κοινοπραξία JT-Open

- PLMXML φορτωτής (\*.plmxml)
- Pro/Engineer (Pro/E 16 - Wildfire 2) φορτωτής (\*.prt) και (\*.asm)

- ACIS σχεδιαστής μορφής (\*.sat)
- CATIA γραφική αναπαράσταση (\*.cgr)

### Επισκόπηση: Η διεπαφή χρήστη IDO:Explore



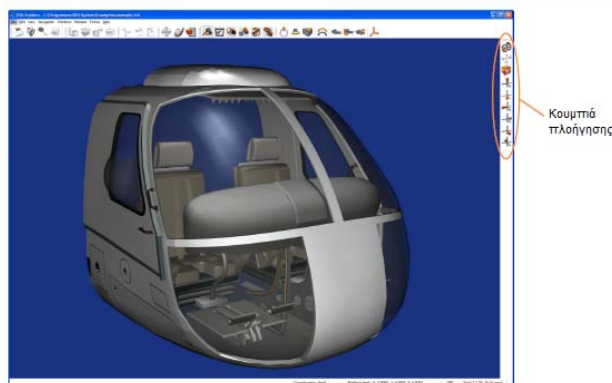
Η διεπαφή χρήστη IDO:Explore ταξινομείται στις παρακάτω περιοχές εργασίας:

- |  |   |
|--|---|
| 1 Προβολή γεωμετρίας                           | 6 Καρτέλα Πληροφοριών                   |
| 2 Καρτέλα Μενού                                | 7 Ιδιότητες και λειτουργίες των modules |
| 3 Γραμμή Εργαλείων                             |   |
| 4 Προβολή δομής με λειτουργίες φίλτρου         |   |
| 5 Περιοχή Αντικειμένων (Προβολές Αντικειμένων) |   |

Παρακάτω, αυτές οι περιοχές εργασίας περιγράφονται μαζί με την αντίστοιχη λειτουργικότητά τους.

## 1 Η γεωμετρική προβολή

Όλα τα γεωμετρικά σχήματα και οι πηγές φωτός που έχουν σημειωθεί ως “visible” (ορατά) στην προβολή δομής, εμφανίζονται στη γεωμετρική προβολή. Οι λειτουργίες των κουμπιών του ποντικιού, ένας αριθμός κουμπιών πλοήγησης και το μενού λειτουργιών είναι διαθέσιμα για διάφορες γεωμετρικές προβολές και δυνατότητες επεξεργασίας.



### Πλοήγηση στη Γεωμετρική προβολή

Το IDO:Explore προσφέρει τρεις διαφορετικούς τρόπους πλοήγησης.

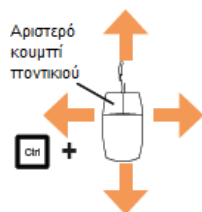
- Η πλοήγηση **CAD** έχει προσαρμοστεί στα κοινά προγράμματα CAD. Αυτός ο τρόπος λειτουργίας είναι προεπιλεγμένη ρύθμιση.
- Η πλοήγηση **Flight** στους έξι βαθμούς ελευθερίας. Η μετακίνηση είναι σχετική με την κατεύθυνση προβολής.
- Η πλοήγηση **Drive** στους πέντε βαθμούς ελευθερίας. Ίδια λειτουργικότητα πλοήγησης όπως με το “flight mode”.

### Πλοήγηση στον τρόπο λειτουργίας CAD



- **Μεγιστοποίηση: Shift + αριστερό κουμπί ποντικιού + κίνηση ποντικιού** → Η θέση του παρατηρητή μετακινείται προς τα γεωμετρικά σχήματα (κίνηση ποντικιού προς την οθόνη) ή μακριά από αυτά (κίνηση ποντικιού μακριά από την οθόνη). Όταν χρησιμοποιείτε ένα ποντίκι με ροδέλα κύλισης, μπορείτε να μεγιστοποιήσετε με τη ροδέλα κύλισης του ποντικιού. Μία άλλη δυνατότητα: αριστερό κουμπί ποντικιού + μεσαίο κουμπί ποντικιού + κίνηση ποντικιού.

- **Περιστροφή γεωμετρικών σχημάτων: αριστερό κουμπί ποντικιού + κίνηση ποντικιού** → Τα γεωμετρικά σχήματα περιστρέφονται από το σημείο περιστροφής που είχε οριστεί την τελευταία φορά. Η κίνηση του ποντικιού συγκεκριμενοποιεί την κατεύθυνση περιστροφής. Ένα προεπιλεγμένο σημείο περιστροφής χρησιμοποιείται μόνο αν δε έχετε καθορίσει κάποιο άλλο. Αυτό είναι στο κέντρο του bounding box (μικρότερου κουτιού που περιέχει ένα τρισδιάστατο αντικείμενο) όλων των γεωμετρικών σχημάτων.



- **Μετακίνηση γεωμετρικών σχημάτων:**

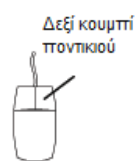
**Ctrl + αριστερό κουμπί ποντικίου + κίνηση ποντικίου** → Όλα τα γεωμετρικά σχήματα μετακινούνται ταυτόχρονα στην κατεύθυνση της κίνησης του ποντικίου.

Μία άλλη δυνατότητα: μεσαίο κουμπί ποντικίου + κίνηση ποντικίου.



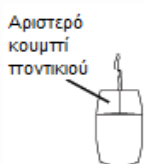
- **Επιλογή ενός γεωμετρικού σχήματος:**

**Αριστερό κλικ στο αντίστοιχο γεωμετρικό σχήμα** → Το γεωμετρικό σχήμα τονίζεται χρωματικά στη γεωμετρική προβολή και στην προβολή δομής. Ο δείκτης ποντικίου πρέπει να μείνει εντελώς ακίνητος. Ενώ πατάτε το κουμπί Ctrl, μπορείτε να επιλέξετε διάφορα γεωμετρικά σχήματα ταυτόχρονα. Ακυρώνετε την επιλογή πατώντας ESC.



- **Calling up το μενού λειτουργιών:**

**Δεξί κλικ** (ο δείκτης ποντικίου στο παράθυρο της γεωμετρικής προβολής).



- **Μεγεθύνοντας το παράθυρο γεωμετρικής προβολής:**

Η γεωμετρική προβολή μπορεί να μεγεθυνθεί αποκρύπτοντας την προβολή δομής και τις ιδιότητες των περιοχών εργασίας των γεωμετρικών σχημάτων (λειτουργία "Close Window" κλικάροντας το "x"). Εμφανίζονται ξανά κάνοντας δεξί κλικ στην κενή περιοχή της γραμμής εργαλείων.



## Πλοήγηση στον τρόπο λειτουργίας πτήσης

• **Αλλαγή της θέσης κάμερας:**

**Αριστερό κουμπί ποντικίου + κίνηση ποντικίου** → Η θέση της κάμερας αλλάζει με την κατεύθυνση της κίνησης του ποντικίου και το σημείο περιστροφής είναι το «μεσαίο σημείο» της κάμερας.

• **Αύξηση ταχύτητας:**

**Κουμπί Συν** → Πατώντας το κουμπί πρόσθεσης, αυξάνεται η «ταχύτητα πτήσης» κατά ένα συγκεκριμένο παράγοντα. Μπορείτε να ορίσετε τον παράγοντα και τη μέγιστη ταχύτητα πτήσης μέσω της παραμέτρου διαμόρφωσης "FlightNavigation".

• **Μείωση ταχύτητας:**

**Κουμπί Μείον** → Πατώντας το κουμπί αφαίρεσης, μειώνεται η «ταχύτητα πτήσης» κατά ένα συγκεκριμένο παράγοντα. Μπορείτε να ορίσετε τον παράγοντα και τη μέγιστη ταχύτητα πτήσης μέσω της παραμέτρου διαμόρφωσης "FlightNavigation".



• **Κίνηση στα αριστερά: κουμπί αριστερού βέλους**



• **Κίνηση στα δεξιά: κουμπί δεξιού βέλους**



• **Κίνηση μπροστά: κουμπί άνω βέλους**



• **Κίνηση πίσω: κουμπί κάτω βέλους**

## Πλοήγηση στον τρόπο λειτουργίας οδήγησης

Οι λειτουργίες πλοήγησης στον τρόπο λειτουργίας οδήγησης αντιστοιχούν με εκείνες στον τρόπο λειτουργίας πτήσης. Η πλοήγηση είναι περιορισμένη σε δύο άξονες. Καθορίζετε τα όρια των αξόνων και τις άλλες παραμέτρους με τη βοήθεια της παραμέτρου διαμόρφωσης "DriveNavigation".

## Λειτουργίες των κουμπιών πλοήγησης



**“Καθορισμός κέντρου περιστροφής” (κουμπί F1)** Αυτή η λειτουργία περιλαμβάνει αρκετές δυνατότητες καθορισμού ενός νέου σημείου περιστροφής.

• **Όταν δεν έχει επιλεγεί κανένα γεωμετρικό σχήμα:**

1. Αφού πατηθεί το κουμπί, ο δείκτης ποντικιού αλλάζει σε σταυρό.
2. Ο δείκτης ποντικιού μετακινείται στην απαιτούμενη θέση ενός γεωμετρικού σχήματος.
3. Όταν πατηθεί το αριστερό κουμπί του ποντικιού, το σημείο περιστροφής καθορίζεται σε αυτή τη θέση και η θέση προβολής μετακινείται ώστε να κεντραρισθεί το σημείο.

• **Ένα ή περισσότερα γεωμετρικά σχήματα είναι επιλεγμένα:**

Αφού πατηθεί το κουμπί, το σημείο περιστροφής καθορίζεται στο κέντρο του bounding box του γεωμετρικού σχήματος. Αν υπάρχουν διάφορα γεωμετρικά σχήματα, αυτό το σημείο βρίσκεται στο κέντρο των bounding boxes (αν τα bounding boxes είναι χωριστά, το σημείο περιστροφής μπορεί επίσης να βρίσκεται εκτός των bounding boxes). Η θέση του παρατηρητή μετακινείται ώστε το σημείο να κεντράρεται.

**Σημείωση:** το καθορισμένο σημείο περιστροφής υπάρχει μόνο αν ένα γεωμετρικό σχήμα μετακινείται ή μέχρι η λειτουργία zoom (μεγέθυνσης) να έχει χρησιμοποιηθεί. Κατόπιν, «το προεπιλεγμένο σημείο περιστροφής» (“default rotation point”) ενεργοποιείται ξανά.



**“Πτήση προς” (F2)** Η θέση προβολής μετακινείται προς το επιλεγμένο γεωμετρικό σχήμα. **Σημείωση:** το κουμπί δε χρησιμοποιείται αν δεν επιλεγεί ένα γεωμετρικό σχήμα.



**“Προβολή όλων” (F3)** Όλα τα γεωμετρικά σχήματα που είναι ρυθμισμένα ως ορατά εμφανίζονται στο κέντρο της γεωμετρικής προβολής.



**“Προβολή κορυφής” (F4)** Γεωμετρική προβολή από πάνω.



**“Προβολή κάτω” (F5)** Γεωμετρική προβολή από κάτω



**“Αριστερή προβολή” (F6)** Γεωμετρική προβολή από τα αριστερά.



**“Δεξιά προβολή” (F7)** Γεωμετρική προβολή από τα δεξιά.



**“Μπροστινή προβολή” (F8)** Γεωμετρική προβολή από τα μπροστά.







**“Προβολή πίσω” (F9)** Γεωμετρική προβολή από πίσω.



**Σημείωση:** μπορείτε να προσαρμόσετε τον προσανατολισμό των αξόνων των κουμπιών μέσω των παραμέτρων διαμόρφωσης: **IDO:Explore** → **Navigation** → **Direction**. Από προεπιλογή, ο προσανατολισμός είναι ρυθμισμένος στο **Top Direction = Y** and **Front Direction = -Z**.

Το μενού λειτουργιών της προβολής γεωμετρίας

Το ακόλουθο μενού λειτουργίας ανοίγει όταν κάνετε δεξί κλικ μέσα στο παράθυρο της γεωμετρικής προβολής.






Show Properties	Ctrl+P	○	Ανοίγει ένα επιπλέον παράθυρο που εμφανίζει τις ιδιότητες των επιλεγμένων αντικειμένων.
 Fly To	F2	○	Η θέση προβολής μετακινείται στο επιλεγμένο αντικείμενο.
 Select All	Ctrl+A	○	Όλα τα αντικείμενα στη δομή δέντρου επιλέγονται.
Deselect	Esc	○	Ακύρωση της επιλογής των αντικειμένων.
 Invert Selection	*	○	Ανεστραμμένη επιλογή αντικειμένων.
 Select Parent	+	○	Επιλογή του κύριου αντικειμένου.
Select Children	-	○	Επιλογή των θυγατρικών αντικειμένων από τα επιλεγμένα κύρια.
Set invisible		○	Απόκρυψη των επιλεγμένων αντικειμένων στη γεωμετρική προβολή.
Invert visibility		○	Εμφάνιση των αποκρυμμένων αντικειμένων στη γεωμετρική προβολή και απόκρυψη των ορατών.
Show only selected		○	Εμφάνιση μόνο των επιλεγμένων αντικειμένων στη γεωμετρική προβολή. Τα υπόλοιπα αντικείμενα στη δομή δέντρου αποκρύπτονται.
FullScreen View	F11	○	Εμφάνιση του παράθυρου της γεωμετρικής προβολής σε πλήρη οθόνη.

**Σημείωση:** όλες οι λειτουργίες στο μενού λειτουργίας της γεωμετρικής προβολής είναι διαθέσιμες μόνο όταν επιλέγονται αντικείμενα. Διαφορετικά, οι διάφορες λειτουργίες γκριζάρονται.

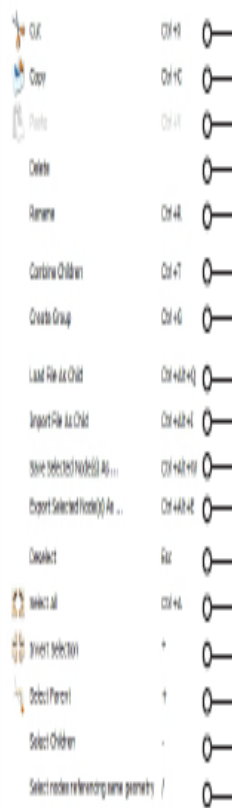
## 2 Η γραμμή μενού

Οι κυριότερες λειτουργίες της γραμμής μενού αναφέρονται εδώ.

Το μενού “File”

 New	Ctrl+N	—	Άνοιγμα μίας νέας δομής δέντρου.
 Open Session	Ctrl+Alt+O	—	Άνοιγμα αρχείων συνεδρίας (.ido).
 Save Session	Ctrl+Alt+S	—	Αποθήκευση της παρούσας κατάστασης σε αρχείο συνεδρίας (.ido).
Save Session As	Ctrl+Alt+Y	—	Αποθήκευση της παρούσας κατάστασης με διαφορετική ονομασία.
 Open (Job)	Ctrl+O	—	Άνοιγμα γεωμετρικών αρχείων (.icb).
 Save (Job)	Ctrl+S	—	Αποθήκευση γεωμετρικών αρχείων (.icb).
Save As (Job)	Ctrl+Y	—	Αποθήκευση γεωμετρικών αρχείων (.icb) με διαφορετική ονομασία.
Import	Ctrl+I	—	Εισαγωγή γεωμετρικών αρχείων στη δομή δέντρου (“Υποστηριζόμενες μορφές”).
Export	Ctrl+E	—	Εξαγωγή γεωμετρικών αρχείων από τη δομή δέντρου.
Recently opened files		—	Άνοιγμα των αρχείων που χρησιμοποιήθηκαν την τελευταία φορά.
Exit	Ctrl+Q	—	Λήξη του IDO:Explore

### Το μενού "Edit" («Επεξεργασία»)



Μετακίνηση των επιλεγμένων αντικειμένων από το δέντρο.

Αντιγραφή των επιλεγμένων αντικειμένων στο πρόχειρο.

Εισαγωγή αντικειμένων στη δομή από το πρόχειρο.

Διαγραφή επιλεγμένων αντικειμένων.

Μετονομασία ενός επιλεγμένου αντικειμένου.

Συνδυασμός των επιλεγμένων θυγατρικών κόμβων σε ένα κόμβο.

Δημιουργία ενός νέου κόμβου κάτω από το επιλεγμένο αντικείμενο στο δέντρο.

Εισαγωγή νέων αρχείων ICB στο δέντρο κάτω από το επιλεγμένο αντικείμενο ως αναφορά.

Εισαγωγή νέων γεωμετρικών αντικειμένων στο δέντρο κάτω από το επιλεγμένο αντικείμενο ως αναφορά.

Αποθήκευση επιλεγμένων αντικειμένων με διαφορετική ονομασία αρχείου σε μορφή ICB.

Αποθήκευση επιλεγμένων αντικειμένων με διαφορετική ονομασία αρχείου/με διαφορετική μορφή.

Ακύρωση επιλογής αντικειμένων.

Επιλογή όλων των αντικειμένων.

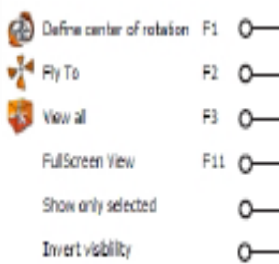
Αναστροφή της επιλογής των αντικειμένων.

Επιλογή του κύριου αντικειμένου.

Επιλογή των θυγατρικών αντικειμένων των επιλεγμένων κύριων αντικειμένων.

Επιλογή όλων των κόμβων που παραπέμπουν στην ίδια γεωμετρία.

### Το μενού "View" («Προβολή»)



Καθορισμός ενός νέου σημείου περιστροφής.

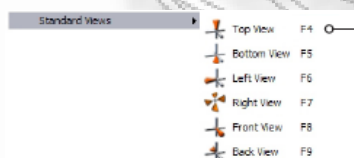
Μετακίνηση της θέσης προβολής στο επιλεγμένο αντικείμενο.

Αλλαγή όλων των αντικειμένων σε ορατά στο κέντρο της γεωμετρικής προβολής.

Εμφάνιση του παράθυρου γεωμετρικής προβολής σε πλήρη οθόνη.

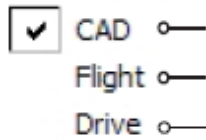
Απόκρυψη των μη επιλεγμένων αντικειμένων.

Εμφάνιση των κρυμμένων αντικειμένων στη γεωμετρική προβολή και απόκρυψη των ορατών.



Επιλογή διαφορετικών γεωμετρικών προβολών.

Το μενού “Navigation” («Πλοήγηση»)



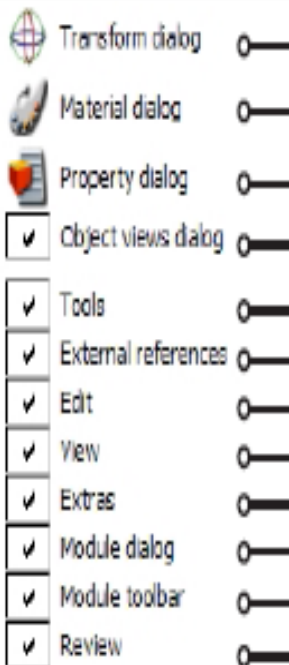
Επιλογή του τρόπου λειτουργίας πλοήγησης CAD.

Επιλογή του τρόπου λειτουργίας πλοήγησης Flight (Πτήσης).

Επιλογή του τρόπου λειτουργίας πλοήγησης Drive.

Το μενού “Windows”

Μπορείτε να ρυθμίσετε έναν αριθμό διαθέσιμων εργαλείων στη γραμμή εργαλείων μέσω του μενού “Windows”. Μπορείτε επίσης να ενεργοποιήσετε τα πλαίσια διαλόγων Transformation, Material και Property.



Ενεργοποίηση του πλαισίου διαλόγου Transformation.

Ενεργοποίηση του πλαισίου διαλόγου Material.

Ενεργοποίηση του πλαισίου διαλόγου Property.

Εμφάνιση ή απόκρυψη θέασης αντικειμένων (καρτέλα στην περιοχή αντικειμένων).

Τα κουμπιά εργαλείων “New”, “Open (icb)”, “Search Filter” και “Save (icb)” διαθέσιμα στην ενεργή/ανενεργή γραμμή εργαλείων.

Τα κουμπιά αναφοράς “open/include/close all selected references” and “recursive loading...” στην ενεργή/ανενεργή γραμμή εργαλείων.

Κουμπιά επεξεργασίας “Cut”, “Copy” και “Paste” διαθέσιμα στην ενεργή/ανενεργή γραμμή εργαλείων.

Κουμπιά προβολής διαθέσιμα στην πλάγια ενεργή/ανενεργή γραμμή εργαλείων.

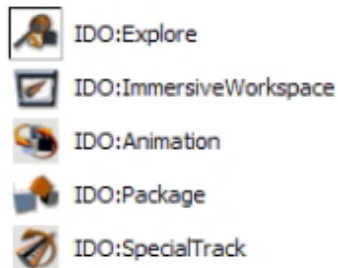
Κουμπιά λειτουργιών “Transform Dialog”, “Material Dialog” και “Property Dialog”.

Το πλαίσιο διαλόγου Module ενεργό ή ανενεργό.

Τα κουμπιά Module διαθέσιμα στην ενεργή/ανενεργή γραμμή εργαλείων.

Τα κουμπιά ανασκόπησης “Create new marker...”, “Create a new measurement”. “Enable/Disable cutplane”, “Reset all moved objects”, “Create State”, “Import State”, “Export State” και “Generate a State Description File as PDF or html” διαθέσιμα στην ενεργή/ανενεργή γραμμή εργαλείων

### Το μενού “Modules”

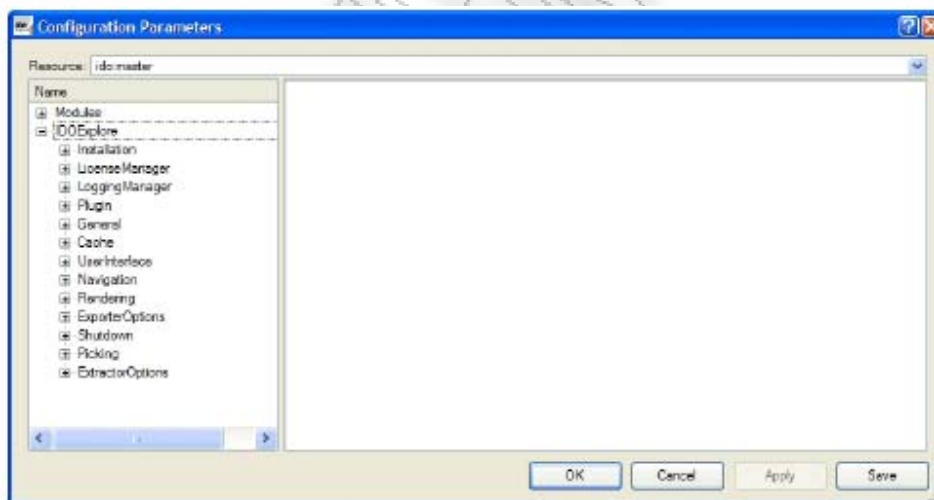


### Αλλαγή μεταξύ modules

Επιλέγεται ένα module κλικώντας στη λίστα. Στη γεωμετρική προβολή και στη δομή δέντρου, τα γεωμετρικά δεδομένα παραμένουν αναλλοίωτα και μπορούν να επεξεργαστούν με τις αντίστοιχες λειτουργίες των modules χωρίς να χρειάζεται να τερματίσετε ή να επανεκκινήσετε την εφαρμογή.

### Το μενού “Extra”

Μπορείτε να ρυθμίσετε διάφορες παραμέτρους διαμόρφωσης του IDO:Explore με τη βοήθεια του μενού “Extra”.



### Το μενού “Help”

Το μενού “Help” εμφανίζει πληροφορίες σχετικά με τον αριθμό έκδοσης software και τα δεδομένα επαφών.



### 3 Η γραμμή εργαλείων

Στη γραμμή εργαλείων, μπορείτε να τρέξετε τις πιο συχνές λειτουργίες του IDO:Explore. Οι λειτουργίες των κουμπιών της γραμμής εργαλείων αντιστοιχούν σε μεγάλο μέρος σε μία επιλογή των μενού "File", "Edit", "View", "Windows" και "Modules". Σε κάποιο βαθμό, μπορείτε επίσης να τρέξετε τις λειτουργίες με συντομεύσεις πληκτρολογίου. Ο αριθμός των κουμπιών της γραμμής εργαλείων ρυθμίζεται στο μενού "Windows".

Τα κουμπιά της γραμμής εργαλείων



**New (Ctrl+N)** η παρούσα δομή δέντρου κλείνει και ανοίγει μία νέα.

**Open (Ctrl+O)** ανοίγει γεωμετρικά αρχεία.

**Search Filter (Ctrl+T)** ανοίγει το φίλτρο του γράφου σκηνής.

**Save (Ctrl+S)** αποθηκεύει την παρούσα κατάσταση στη μορφή ICB ή σε άλλη μορφή εξαγωγής.



Τα κουμπιά της γραμμής εργαλείων “External references” (Εξωτερικές αναφορές)



**Άνοιγμα όλων των επιλεγμένων αναφορών** – όλα τα επιλεγμένα αρχεία αναφορών φορτώνονται στη δομή δέντρου και εμφανίζονται στη γεωμετρική προβολή. Τα αντικείμενα αναφοράς εμφανίζονται τώρα στην κορυφή με ένα πράσινο εικονίδιο.



**Συμπερίληψη όλων των επιλεγμένων αναφορών** – όλες οι επιλεγμένες αναφορές ενσωματώνονται και φορτώνονται ως αντικείμενα στη δομή δέντρου. Οι επιλεγμένες αναφορές «καθαρίζονται».



**Κλείσιμο όλων των επιλεγμένων αναφορών** – όλες οι επιλεγμένες αναφορές κλείνουν.



**Αναδρομική φόρτωση των αναφορών** – η αναδρομική φόρτωση ενεργοποιείται με αυτό το κουμπί “εναλλαγής”. Το “Open all selected references” φορτώνει όλα τα αρχεία αναφορών υπό τον επιλεγμένο κόμβο στη δομή δέντρου και εμφανίζονται στη γεωμετρική προβολή. Πατώντας ξανά το κουμπί, απενεργοποιείται η αναδρομική φόρτωση.

Τα κουμπιά της γραμμής εργαλείων “Edit” («Επεξεργασία»)



**Αποκοπή (Ctrl+X)** – επιλεγμένα αντικείμενα μετακινούνται από το δέντρο και αντιγράφονται στο πρόχειρο.



**Αντιγραφή (Ctrl+C)** – επιλεγμένα αντικείμενα αντιγράφονται στο πρόχειρο.



**Επικόλληση (Ctrl+V)** – αντικείμενα από το πρόχειρο εισάγονται στο δέντρο.

Τα κουμπιά της γραμμής εργαλείων “Object Tools” («Εργαλεία Αντικειμένων»)



Όλα τα κουμπιά της γραμμής εργαλείων “Object Tools” είναι «κουμπιά εναλλαγής». Καθένα από αυτά τα κουμπιά ανοίγει ένα ξεχωριστό πλαίσιο διαλόγου το οποίο εμφανίζεται πρόσθετα στην αριστερή πλευρά του 2D GUI. Το μέγεθος των υπαρχόντων κουτιών διαλόγου προσαρμόζεται αυτόματα. Το πλαίσιο διαλόγου μένει ανοιχτό μέχρι το αντίστοιχο κουμπί εναλλαγής να πατηθεί ξανά ή μέχρι το πλαίσιο διαλόγου να κλείσει κλικάροντας το “x”.



**Πλαίσιο διαλόγου μετατροπής** – το πλαίσιο διαλόγου μετατροπής ενεργοποιείται ή απενεργοποιείται με αυτό το «κουμπί εναλλαγής».

**Πλαίσιο διαλόγου Υλικών** – το πλαίσιο διαλόγου υλικών ενεργοποιείται ή απενεργοποιείται με αυτό το «κουμπί εναλλαγής». Το πλαίσιο διαλόγου υλικών μπορεί επίσης να εμφανίζεται στα δεξιά των άλλων πλαισίων διαλόγου όταν είναι ανοιχτά διάφορα πλαίσια διαλόγου.

**Πλαίσιο διαλόγου Ιδιοτήτων** – το πλαίσιο διαλόγου ιδιοτήτων ενεργοποιείται ή απενεργοποιείται με αυτό το κουμπί εναλλαγής». Οι ιδιότητες των αντικειμένων και οι πληροφορίες των αντικειμένων εμφανίζονται εδώ.

Τα κουμπιά της γραμμής εργαλείων “Modules”



Ενεργοποιεί το **IDO:Explore** module



Ενεργοποιεί το **IDO:ImmersiveWorkspace** module



Ενεργοποιεί το **IDO:Animation** module



Ενεργοποιεί το **IDO:Package** module



Ενεργοποιεί το **IDO:Flexible** module

Τα κουμπιά της γραμμής εργαλείων “Review” («Ανασκόπηση»)





**Κάμερας** – η λειτουργία μαρκαρίσματος ενεργοποιείται (ο κέρσοντας εμφανίζεται ως σταυρός). Ένα νέο σημείο μαρκαρίσματος (δείκτης) δημιουργείται μόλις κλικάρετε μέσα στη γεωμετρική προβολή. Αν επιλέξετε ένα γεωμετρικό σχήμα ταυτόχρονα, ο δείκτης παράγεται σε αυτή τη θέση, αλλιώς στην παρούσα θέση προβολής. Στην καρτέλα “Marker”, ο δείκτης δημιουργείται με τη μορφή ενός επιπλέον «κόμβου δείκτη» με ένα αριθμό. Ο πρώτος δείκτης ξεκινά με τον αριθμό 0.



**Δημιουργία μίας νέας Μέτρησης** – ενεργοποίηση της λειτουργίας μέτρησης.



**Ενεργοποίηση/Απενεργοποίηση Τεμνόμενου επιπέδου** – το διατεμνόμενο επίπεδο ενεργοποιείται ή απενεργοποιείται.



**Επαναρρύθμιση όλων των μετακινημένων αντικειμένων** – όλα τα αντικείμενα που μετακινήθηκαν μετά την τελευταία αποθήκευση επιστρέφουν στη θέση που αποθηκεύτηκαν τελευταία.



**Δημιουργία Κατάστασης** – η παρούσα κατάσταση συνεδρίας αποθηκεύεται, υπολογίζοντας την παρούσα θέση προβολής.



**Εισαγωγή ενός Αρχείου Κατάστασης** – ανοίγει ένα πλαίσιο διαλόγου αρχείου για εισαγωγή καταστάσεων συνεδρίας.



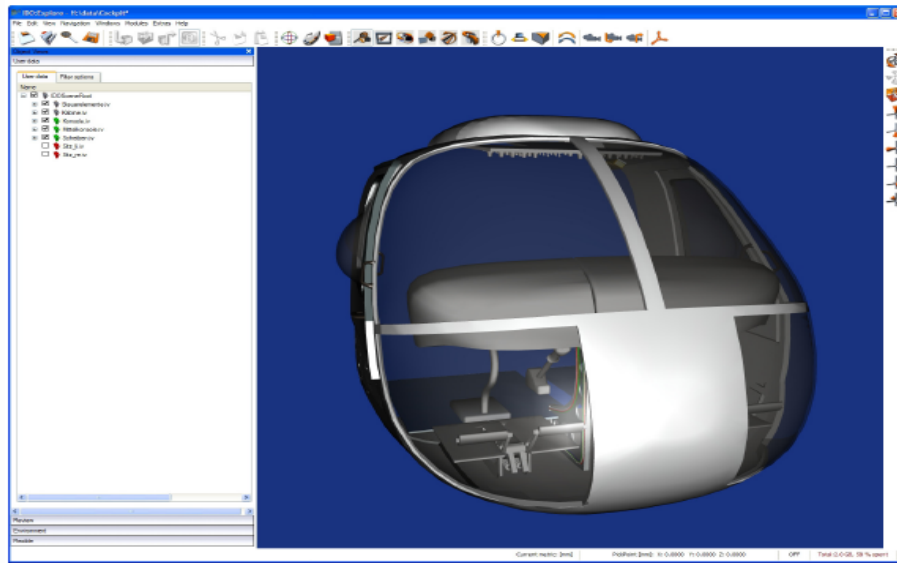
**Εξαγωγή ενός Αρχείου Κατάστασης** – ανοίγει ένα πλαίσιο διαλόγου αρχείου για εξαγωγή των παρουσών καταστάσεων συνεδρίας.



**Παραγωγή ενός Αρχείου Περιγραφής Κατάστασης** – οι αποθηκευμένες καταστάσεις συνεδρίας της παρούσας συνεδρίας τεκμηριώνονται σε μορφή PDF ή Html.

#### 4 Η προβολή δομής

Στην προβολή δομής (User data), τα γεωμετρικά σχήματα και οι πηγές φωτός εμφανίζονται σε μια δομή δέντρου με την αντίστοιχη ιεραρχία. Υπάρχει ένα κουτί ελέγχου δίπλα από κάθε αντικείμενο. Τα αντικείμενα μπορούν να αλλάξουν σε ορατά ή αόρατα με αριστερό κλικάρισμα. Τα ορατά αντικείμενα τότε εμφανίζονται στη γεωμετρική προβολή. Τα υποκείμενα αντικείμενα επίσης εμφανίζονται ανάλογα με το ιεραρχικό επίπεδο.

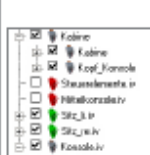


#### • ορατά αντικείμενα:



Τα ορατά αντικείμενα υποδεικνύονται με το τσεκάρισμα στο κουτί ελέγχου δίπλα στο όνομα του αντικειμένου

#### • Αντικείμενα αναφοράς:



Στη δομή δέντρου, τα αντικείμενα αναφοράς εμφανίζονται σε κόκκινο χρώμα (μόνο αναφορά) ή σε πράσινο (φορτωμένη αναφορά). Μόνο οι φορτωμένες αναφορές μπορούν να γίνουν ορατές στη γεωμετρική δομή.

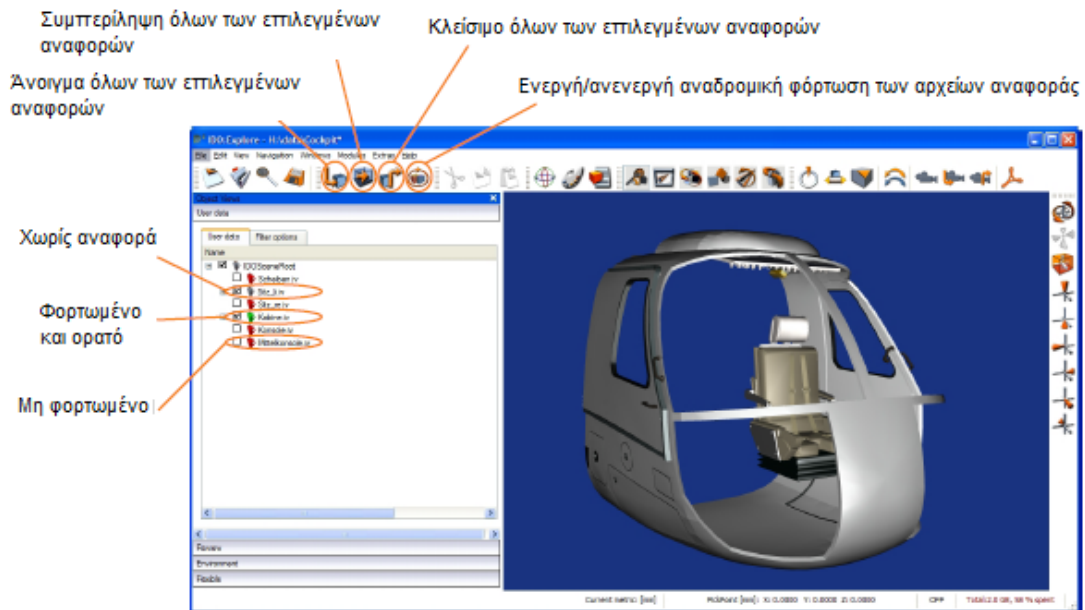
### Επεξεργασία της δομής δέντρου

Μπορείτε να προσαρμόσετε ανεξάρτητα τη δομή δέντρου για να εξυπηρετεί τις ανάγκες σας με τη βοήθεια των μενού, των κουμπιών γραμμής εργαλείων “Cut”, “Copy” και “Paste” ή με το “Drag and Drop”.

Μπορείτε επίσης να ενσωματώσετε νέα αντικείμενα στην υπάρχουσα δομή δέντρου. Για να το κάνετε, χρειάζεται να εισάγετε ένα νέο γεωμετρικό αρχείο με τη λειτουργία “Import File as Child” (το νέο γεωμετρικό αρχείο ενσωματώνεται στη δομή δέντρου ως αρχείο αναφοράς). Έτσι, μπορείτε εύκολα να συνδυάσετε σκηνές από διάφορες εγγραφές.

### Εργασία με γεωμετρικές αναφορές

Τα αρχεία αναφοράς μπορούν επίσης να προστεθούν στη δομή δέντρου του IDO:Explore. Τα αρχεία αναφοράς ενσωματώνονται μέσω της λειτουργίας “Load File as Child” ή “Import File as Child”. Οι αναφερόμενες γεωμετρίες δεν φορτώνονται, μόνο οι δομές τους. Ο κόμβος κορυφής του αρχείου αναφοράς εμφανίζεται στη δομή δέντρου με ένα κόκκινο εικονίδιο. Με αυτή τη λειτουργία είναι δυνατόν να ενσωματώνονται μεγάλα γεωμετρικά σχήματα στη δομή δέντρου ως αντικείμενα αναφοράς χωρίς φόρτωση και εμφάνιση των ανεξάρτητων γεωμετρικών σχημάτων. Τότε, ανεξάρτητα αντικείμενα αναφοράς μπορούν να φορτωθούν όπως απαιτείται και να εμφανιστούν στη γεωμετρική προβολή.



#### Άνοιγμα και εμφάνιση των αντικειμένων αναφοράς:

- Τα αρχεία αναφοράς ανοίγονται με τη βοήθεια της λειτουργίας “Open (icb)” ή “Import”.
- Τα αντικείμενα αναφοράς εμφανίζονται στη δομή δέντρου με ένα κόκκινο εικονίδιο.
- Το αντικείμενο αναφοράς για να εμφανιστεί, επιλέγεται με κλικάρισμα πάνω του.
- Αν είναι αναγκαίο, μπορείτε να ενεργοποιήσετε την αναδρομική φόρτωση με το κουμπί “Recursive loading of file references” (η αναδρομική φόρτωση μένει ενεργή μέχρι να πατήσετε ξανά το κουμπί).
- Οι γεωμετρίες αναφοράς φορτώνονται με το κουμπί της γραμμής εργαλείων “Open all selected references”.
- Τα αντικείμενα αναφοράς εμφανίζονται στη δομή δέντρου με ένα πράσινο εικονίδιο.
- Όταν κλικάρετε στο κουτί ελέγχου δίπλα στο πράσινο εικονίδιο του αντικειμένου αναφοράς, εμφανίζεται στη γεωμετρική προβολή.

Ανάλογα με την ανάγκη, τα φορτωμένα αντικείμενα αναφοράς μπορούν να κλείσουν με το κουμπί της γραμμής εργαλείων “Close all selected references” και οι αντίστοιχοι πόροι ελευθερώνονται ξανά.

**Παραγωγή κόμβων αναφοράς:**

- Τα γεωμετρικά αρχεία στη δομή δέντρου ανοίγουν ως αρχεία αναφοράς με τη βοήθεια των λειτουργιών “Load File as Child” ή “Import File as Child” (το μενού λειτουργίας της προβολής δομής ανοίγει όταν κάνετε δεξί κλικ στο αντικείμενο κορυφής “IDOSceneRoot”).
- Διάφορα γεωμετρικά αρχεία μπορούν να επιλεγούν ταυτόχρονα μέσω του διαλόγου αρχείων.
- Τα αντικείμενα αναφοράς εμφανίζονται στη δομή δέντρου με ένα κόκκινο εικονίδιο.

**Ενσωμάτωση και εμφάνιση των αντικειμένων αναφοράς:**

Τα αντικείμενα αναφοράς μπορούν επίσης να ενσωματωθούν στη δομή δέντρου ως γεωμετρικά σχήματα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη λειτουργία “include all selected references”.

- Επιλέγετε το αντικείμενο αναφοράς που θέλετε να ενσωματώσετε κάνοντας σε αυτό αριστερό κλικ.
- Με το κουμπί της γραμμής εργαλείων “Open all selected references”, μπορείτε να φορτώσετε τις γεωμετρικές αναφοράς (μόνο φορτωμένα αντικείμενα αναφοράς μπορούν να ενσωματωθούν στη δομή δέντρου ως γεωμετρικά σχήματα).
- Τα αντικείμενα αναφοράς εμφανίζονται στη δομή δέντρου με ένα πράσινο εικονίδιο.
- Όταν επιλέγετε το κουμπί της γραμμής εργαλείων “Include all selected references”, τα επιλεγμένα αντικείμενα αναφοράς ενσωματώνονται στη δομή δέντρου και χειρίζονται ως γεωμετρικά σχήματα όταν αποθηκεύονται.
- Τα ενσωματωμένα γεωμετρικά σχήματα εμφανίζονται στη δομή δέντρου με ένα γκρι εικονίδιο.
- Όταν κλικάρετε το κουτί ελέγχου δίπλα στο γκρι εικονίδιο του γεωμετρικού σχήματος, αυτό εμφανίζεται στη γεωμετρική προβολή.

**Το μενού λειτουργιών της προβολής δομής**

Το μενού λειτουργιών της προβολής δομής είναι διαθέσιμο για εύκολο χειρισμό των αντικειμένων στη δομή δέντρου. Το μενού λειτουργιών προσαρμόζεται αυτόματα στις διάφορες λειτουργίες ανάλογα με τα επιλεγμένα αντικείμενα (σε κάποιο βαθμό, άλλες λειτουργίες είναι διαθέσιμες για αντικείμενα αναφοράς).

Το ακόλουθο μενού λειτουργιών εμφανίζεται όταν κάνετε δεξί κλικ σε ένα κόμβο (γκρι εικονίδιο) στην προβολή δομής.

Show Properties	Ctrl+P	○	Ανοίγει ένα παράθυρο που περιέχει τις ιδιότητες των επιλεγμένων αντικειμένων.
Cut	Ctrl+X	○	Τα επιλεγμένα αντικείμενα μετακινούνται από το δέντρο και ανηγράφονται στο πρόχειρο.
Copy	Ctrl+C	○	Τα επιλεγμένα αντικείμενα ανηγράφονται στο πρόχειρο.
Paste	Ctrl+V	○	Αντικείμενα από το πρόχειρο εισάγονται στο δέντρο.
Delete		○	Τα επιλεγμένα αντικείμενα διαγράφονται.
Rename	Ctrl+R	○	Το επιλεγμένο αντικείμενο μετονομάζεται.
Create Group	Ctrl+G	○	Ένας νέος κόμβος δημιουργείται κάτω από το επιλεγμένο αντικείμενο στο δέντρο.
Combine Children	Ctrl+T	○	Τα θυγατρικά των επιλεγμένων κόμβων συνδυάζονται σε ένα κόμβο.
Load File As Child	Ctrl+Alt+Q	○	Νέα αρχεία ICB εισάγονται κάτω από το επιλεγμένο αντικείμενο στο δέντρο ως αναφορά.
Import File As Child	Ctrl+Alt+I	○	Νέα γεωμετρικά σχήματα εισάγονται κάτω από το επιλεγμένο αντικείμενο στο δέντρο ως αναφορά.
Save Selected Node(s) As ...	Ctrl+Alt+W	○	Τα επιλεγμένα αντικείμενα αποθηκεύονται με διαφορετικό όνομα σε μορφή ICB.
Export Selected Node(s) As ...	Ctrl+Alt+E	○	Τα επιλεγμένα αντικείμενα αποθηκεύονται με διαφορετικό/ή όνομα αρχείου/μορφή.
Select All	Ctrl+A	○	Επιλέγονται όλα τα αντικείμενα.
Invert Selection	*	○	Αναστρέφεται η επιλογή αντικειμένων.
Select Parent	+	○	Επιλέγεται το κύριο αντικείμενο.
Select Children	-	○	Επιλέγονται τα θυγατρικά των επιλεγμένων κύριων αντικειμένων.
Set visible		○	Τα επιλεγμένα αντικείμενα εμφανίζονται στη γεωμετρική προβολή.
Set invisible		○	Τα επιλεγμένα αντικείμενα αποκρύπτονται στη γεωμετρική προβολή.
Invert visibility		○	Τα κρυμμένα αντικείμενα εμφανίζονται στη γεωμετρική προβολή και τα ορατά κρύπτονται.
Show only selected		○	Τα επιλεγμένα αντικείμενα εμφανίζονται σε μία νέα "Single View" και τα άλλα κρύπτονται.
Fly To	F2	○	Η θέση προβολής μετακινείται στο επιλεγμένο αντικείμενο.
Expand Tree	Ctrl+PgDn	○	Εμφανίζεται ολόκληρο το δέντρο κάτω από το επιλεγμένο αντικείμενο.
Expand Tree One Level	Shift+PgDn	○	Ένα επιπλέον επίπεδο εμφανίζεται για τον κλάδο κάτω από το επιλεγμένο αντικείμενο.
Collapse Tree	Ctrl+PgUp	○	Οι διακλαδώσεις κάτω από το επιλεγμένο αντικείμενο δεν εμφανίζονται πλέον.
Collapse Tree One Level	Shift+PgUp	○	Η εμφάνιση των κλαδιών κάτω από το επιλεγμένο αντικείμενο μειώνεται κατά ένα επίπεδο.

Το ακόλουθο μενού λειτουργίας ανοίγει όταν κάνετε δεξί κλικ σε ένα **αντικείμενο αναφοράς** (κόκκινο ή πράσινο εικονίδιο) στην προβολή δομής.



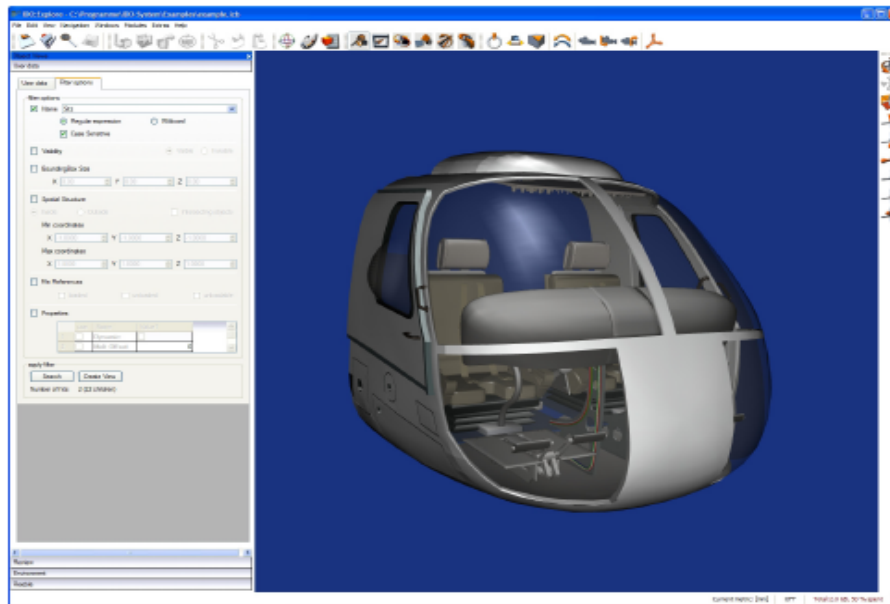
Το μενού λειτουργίας για αντικείμενα αναφοράς αποτελείται από πρόσθετες λειτουργίες:

- **Open Reference:** όλα τα επιλεγμένα αρχεία αναφοράς φορτώνονται στη δομή δέντρου.
- **Include Reference:** όλες οι επιλεγμένες αναφορές ενσωματώνονται στη δομή δέντρου ως αντικείμενα και φορτώνονται. Οι επιλεγμένες αναφορές ακυρώνονται.
- **Close Reference:** όλες οι επιλεγμένες αναφορές κλείνουν.

Οι λειτουργίες "Load File as Child" και "Import File as Child" δεν είναι διαθέσιμες στο μενού λειτουργίας όταν επιλέγονται αντικείμενα αναφοράς.

Το φίλτρο δομής δέντρου

Η λειτουργία φίλτρου χρησιμοποιείται για να φιλτράρει τα γεωμετρικά σχήματα έξω από τη δομή δέντρου με τη βοήθεια διάφορων παραμέτρων φίλτρων όπως ονόματα, συγκεκριμένα μεγέθη αντικειμένων ή όρια συντεταγμένων. Αυτά τα αντικείμενα μπορούν να εμφανίζονται σε μία νέα δομή δέντρου ("filter view"), περαιτέρω επεξεργασμένη και αποθηκευμένη. Όλες οι περιοχές λειτουργίας φίλτρου μπορούν να συνδυαστούν μεταξύ τους.



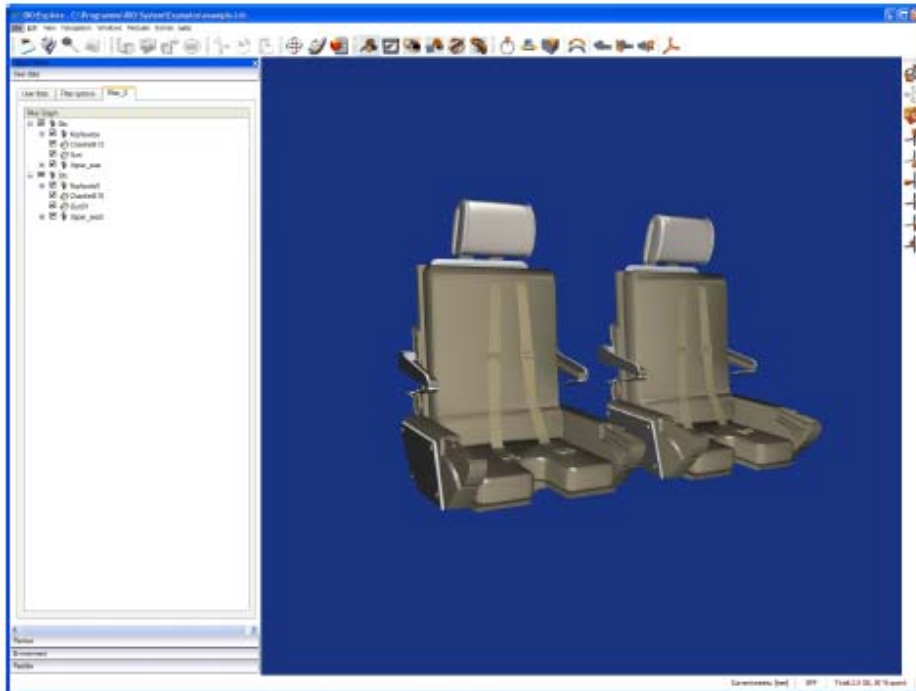
#### Οι διαχειριστές φίλτρου:

- **Name:** το φίλτρο ονόματος αντικείμενου με τη λειτουργία “Regular Expression” ή “Wildcard” (μπορεί να ρυθμιστεί στο “Case Sensitive” για αναζήτηση σύμφωνα με την ανώτερη και κατώτερη περίπτωση).
  - **Visibility:** φιλτράρει όλα τα ορατά και αόρατα αντικείμενα στο γράφο σκηνής.
  - **BoundingBox Size:** όλα τα αντικείμενα που αντιστοιχούν στο καθορισμένο μέγεθος του bounding box (λιγότερο από ή ίσο με) φιλτράρονται.
  - **Spatial Structure:** όλα τα αντικείμενα μέσα (επιλογή “Inside”) ή έξω (επιλογή “Outside”) από ένα συγκεκριμένο όριο συντεταγμένων φιλτράρονται. Με την επιλογή “Intersects”, καθορίζετε αν τα εφαιπόμενα ή διατεμνόμενα αντικείμενα από το καθορισμένο όριο θα επιστραφούν.
  - **File References:** μπορείτε να χρησιμοποιήσετε αυτή τη λειτουργία φίλτρου για να φιλτράρετε τα αρχεία αναφοράς από τη δομή δέντρου.
- Loaded:** τα φορτωμένα αρχεία αναφοράς (εμφανιζόμενα με ένα πράσινο εικονίδιο στη δομή δέντρου) φιλτράρονται.
- Unloaded:** τα αρχεία αναφοράς που δεν είναι φορτωμένα (εμφανιζόμενα με ένα κόκκινο εικονίδιο στη δομή δέντρου) φιλτράρονται.
- Unloadable:** φιλτράρονται τα αρχεία αναφοράς που δεν μπορούν να φορτωθούν (εμφανιζόμενα με ένα κόκκινο εικονίδιο στη δομή δέντρου).
- **Properties:** φιλτράρει τα αντικείμενα του γράφου σκηνής σύμφωνα με τις συγκεκριμένες ιδιότητες αντικειμένων.  
(βλέπε σελ. 47).
  - **Apply filter:** με το κουμπί “Search”, κάνετε αναζήτηση για αντικείμενα που ταιριάζουν με τις επιλογές φίλτρου. Το κουμπί “Create New” δημιουργεί μία νέα καρτέλα “filter view” (προβολής φίλτρου) με τα σχετικά αποτελέσματα αναζήτησης. Μπορείτε να εμφανίσετε και να επεξεργαστείτε τα φιλτραρισμένα αντικείμενα εδώ.



## Η προβολή φίλτρου δομής

Στην καρτέλα “Filter\_0”, το αποτέλεσμα των ρυθμίσεων φίλτρου εμφανίζεται σε μία νέα δομή δέντρου. Η καρτέλα δημιουργείται με το κουμπί “Create View”. Κάθε νέα δημιουργημένη «προβολή φίλτρου» αριθμείται ανάλογα (πρώτο “filter view” “Filter\_0” δεύτερο “Filter\_1”, κλπ.).



### Λειτουργίες προβολής φίλτρου:

Όταν ανοίγετε μία καρτέλα «προβολής φίλτρου», μπορείτε να ενεργοποιήσετε ένα μενού λειτουργιών με δεξί κλικ στη δομή δέντρου. Η λειτουργία “Close Filter View” κλείνει την «προβολή φίλτρου» στην οποία βρίσκεστε προσωρινά και «καθαρίζει» την ανεπτυγμένη δομή δέντρου.

**Σημείωση:** τα επιλεγμένα αντικείμενα στην «προβολή φίλτρου» είναι επίσης επιλεγμένα στη δομή δέντρου.

Οι ίδιες λειτουργίες είναι διαθέσιμες στο μενού λειτουργίας Filter View όπως και στη δομή δέντρου του γράφου σκηνής.

Πρόσθετες λειτουργίες:

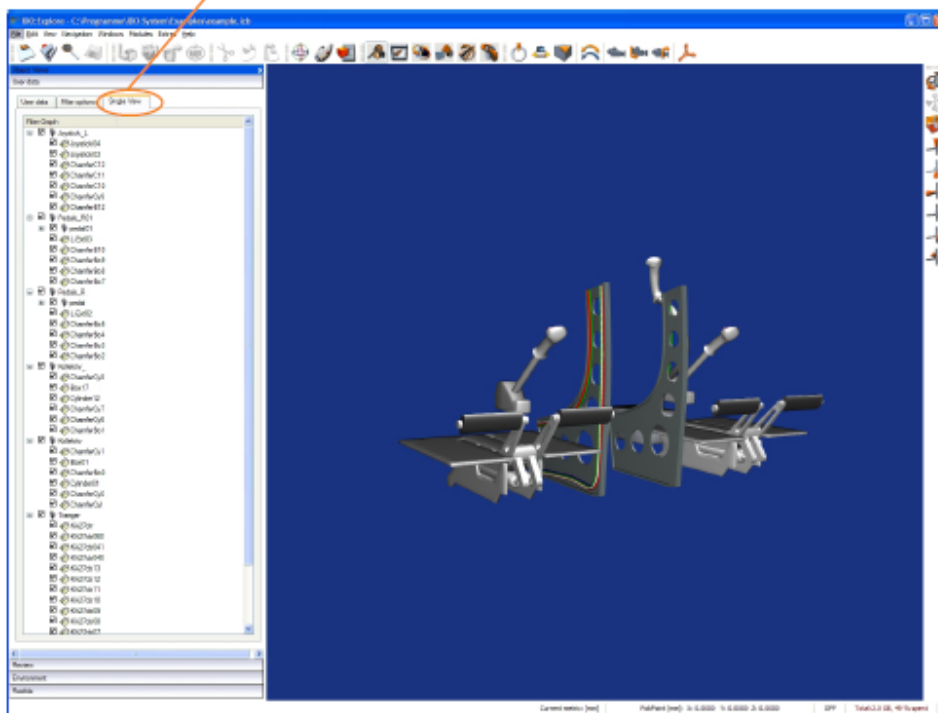
- **Rename Filter View:** η προσωρινή καρτέλα «προβολής φίλτρου» μετονομάζεται.
- **Close Filter View:** η προσωρινή καρτέλα «προβολής φίλτρου» κλείνει και «καθαρίζει» η δομή δέντρου.

Show Properties	Ctrl+D
Cut	Ctrl+X
Copy	Ctrl+C
Paste	Ctrl+V
Delete	
Rename	Ctrl+R
Create Group	Ctrl+G
Load File As Child	Ctrl+Alt+Q
Import File As Child	Ctrl+Alt+E
Save Selected Node(s) As ...	Ctrl+Alt+W
Export Selected Node(s) As ...	Ctrl+Alt+E
Combine Children	Ctrl+T
Select All	Ctrl+A
Invert Selection	~
Select Parent	+
Select Children	-
Set visible	
Set invisible	
Invert visibility	
Fit To	F2
Expand Tree	Ctrl+PgDn
Expand Tree One Level	Shift+PgDn
Collapse Tree	Ctrl+PgUp
Collapse Tree One Level	Shift+PgUp
Rename Filter View	
Close Filter View	

Η λειτουργία Single View (Μονής Προβολής)

Η λειτουργία Single ενεργοποιείται μέσω του μενού της προβολής λειτουργίας. Αφού ενεργοποιηθεί η λειτουργία "Show only selected", η νέα καρτέλα "Single View" παράγεται στο γράφο σκηνης που περιέχει όλα τα επιλεγμένα αντικείμενα από τη δομή δέντρου.

Καρτέλα Single View



Όλες οι λειτουργίες της προβολής φίλτρου είναι διαθέσιμες στην καρτέλα Single View. Τα αντικείμενα παραμένουν στην καρτέλα Single View μέχρι μία νέα κλήση λειτουργίας προκληθεί στο γράφο σκηνης. Τότε, εμφανίζεται το αντίστοιχο νέο αποτέλεσμα. Μπορείτε να αλλάξετε κατ'

ανάγκη μεταξύ των ανεξάρτητων καρτελών “User data”, “Filter-View” και “Single View” χωρίς να αλλοιώνεται το αποτέλεσμα.

Σημείωση: αλλαγές στη δομή δέντρου του γράφου σκηνης έχουν επίσης επιρροή στις καρτέλες “Filter View” και “Single View”. Για παράδειγμα, αν διαγράφονται αντικείμενα στο γράφο σκηνης, απομακρύνονται επίσης από τις καρτέλες “Filter View” και “Single View”.

### Μετατροπή

Στο διάλογο μετατροπής, μπορείτε να μετακινήσετε, να διαβαθμίσετε και να περιστρέψετε τα επιλεγμένα αντικείμενα ανάλογα με τις ανάγκες.

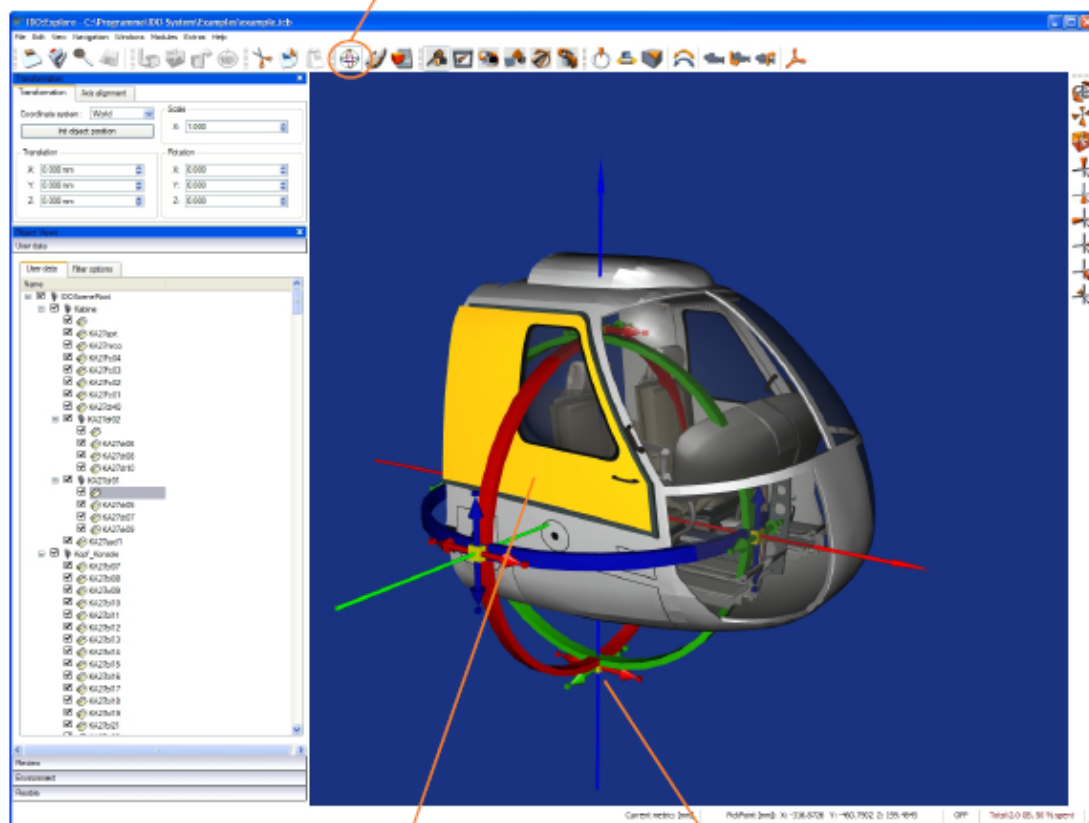
Το πλαίσιο διαλόγου Μετατροπής περιέχει τις καρτέλες “Transform” και “Axis alignment” («Ευθυγράμμιση αξόνων»).

Η καρτέλα Μετατροπής χωρίζεται στα τμήματα λειτουργιών “Coordinate System”, “Translation”, “Rotation” και “Scale”.

Ο «σύρτης» είναι διαθέσιμος ως βοήθεια για την τοποθέτηση.

Ενεργοποιείτε το πλαίσιο διαλόγου Μετατροπής μέσω του κουμπιού “Transform dialog” ή μέσω του μενού “Windows”.

Ενεργός/ανεργός διάλογος Μετατροπής

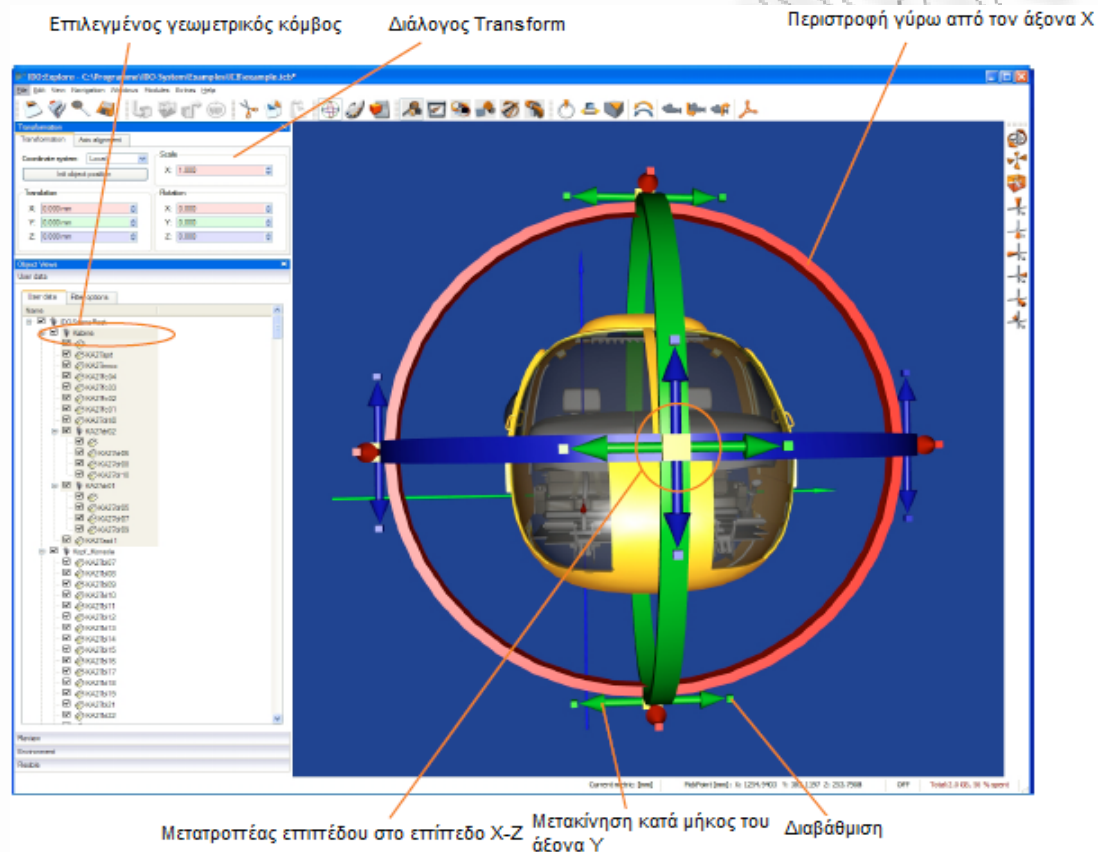


Επιλεγμένο γεωμετρικό σχήμα

Σύρτης

## Ο «σύρτης»

Ο σύρτης είναι ένα εργαλείο για αλλαγή της θέσης, του προσανατολισμού και της διαβάθμισης των επιλεγμένων γεωμετρικών σχημάτων στη σκηνή εύκολα και γρήγορα. Έτσι, η εύκολη μεταφορά, η περιστροφή και οι χειρισμοί διαβάθμισης μπορούν να εφαρμοστούν στα γεωμετρικά σχήματα. Το πλαίσιο διαλόγου Μετατροπής είναι διαθέσιμο για ακριβή τοποθέτηση. Ο σύρτης μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να μετατρέψει τη θέση του διατεμνόμενου επιπέδου και επίσης των φωτεινών πηγών.



**Διαχειριστική αρχή:** επιλέγετε ένα αντικείμενο στο πρώτο στάδιο. Πατώντας το πλήκτρο SPACE στο πληκτρολόγιο, ενεργοποιείτε το σύρτη και γίνεται ορατός στη γεωμετρική προβολή και εμβυθιστικός στα εμβυθιστικά συστήματα. Ο σύρτης παραμένει ενεργός για όσο κρατάτε τη γραμμή χώρου.

Τα γεωμετρικά στοιχεία του σύρτη έχουν τους ακόλουθους προσδιορισμούς:

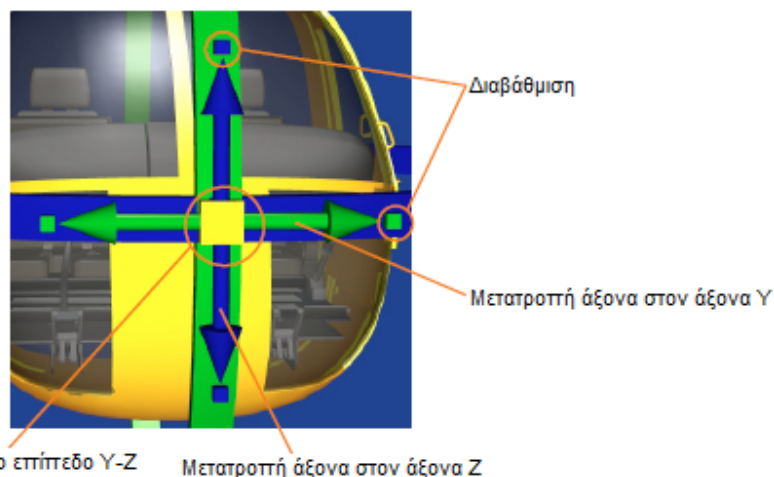
- Κόκκινο για τον άξονα X
- Πράσινο για τον άξονα Y
- Μπλε για τον άξονα Z

Τα στοιχεία δακτυλίων είναι για περιστροφή, τα βέλη για μεταφορά, οι κύβοι στην άκρη των βελών για διαβάθμιση και τα κίτρινα κυβοειδή εξυπηρετούν ως μετατροπείς επιπέδου των γειτονικών διανυσμάτων.

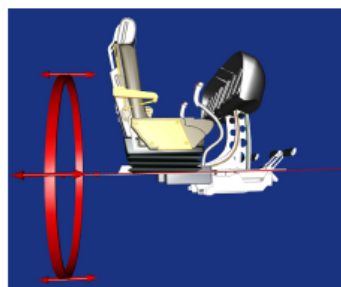
Το σημείο αναφοράς του σύρτη προσανατολίζεται στο σύστημα συντεταγμένων αναφοράς που ρυθμίζεται στο διάλογο Μετατροπής. Το σημείο αναφοράς μπορεί να μετατραπεί στην περιοχή "Coordinate system" ("World", "Local", "Bounding Box" και "Axis aligned").

### Οι ακόλουθες λειτουργίες σύρτη είναι διαθέσιμες:

- **Περιστροφή:** όταν επιλέγετε έναν από τους έγχρωμους κύκλους και κινήσετε το ποντίκι, τα επιλεγμένα γεωμετρικά σχήματα περιστρέφονται γύρω από τον αντίστοιχο άξονα (κόκκινος κύκλος = περιστροφή γύρω από τον άξονα X, πράσινος κύκλος = περιστροφή γύρω από τον άξονα Y και μπλε κύκλος = περιστροφή γύρω από τον άξονα Z).
- **Μετατροπή αξόνων:** στην περίπτωση της μετατροπής αξόνων, ένα έγχρωμο βέλος επιλέγεται. Όταν μετακινείτε το ποντίκι, τα επιλεγμένα γεωμετρικά σχήματα μετακινούνται κατά μήκος του αντίστοιχου άξονα. Η κίνηση του ποντικιού προσδιορίζει την κατεύθυνση.
- **Μετατροπή επιπέδου:** εδώ, το τετράγωνο επιλέγεται στο μέσο του αντίστοιχου σταυρού του άξονα και κινείται με το ποντίκι. Το χρώμα των βελών προσδιορίζει την κίνηση στους αντίστοιχους άξονες (σε αυτό το παράδειγμα, σταυρός αξόνων πράσινος/μπλε = μετατροπή στο επίπεδο Y-Z).
- **Διαβάθμιση:** τα επιλεγμένα γεωμετρικά σχήματα διαβαθμίζονται επιλέγοντας τα μικρότερα τετράγωνα στις άκρες των βελών και κινώντας το ποντίκι.



**Σημείωση:** όταν είναι επιλεγμένο το σύστημα συντεταγμένων (“Coordinate system”) “Axis aligned” («Ευθυγραμμισμένοι άξονες»), η εμφάνιση και η λειτουργία του σύρτη περιορίζονται μόνο στους άξονες αναφοράς.



Σύρτης στην περίπτωση της επιλογής “Axis aligned”

## Το πλαίσιο διαλόγου Μετατροπής

Η Μετατροπή (Transform) ανοίγει ή κλείνει με το κουμπί της γραμμής εργαλείων “Transform dialog” ή με το αντίστοιχο κουμπί στο μενού “Windows”.



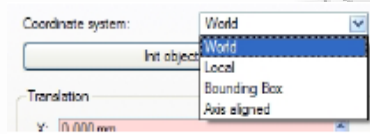
## Η καρτέλα Transformation

Τα ανεξάρτητα κουτιά εισόδου στην περίπτωση των “Translation”, “Rotation” και “Scale” είναι τονισμένα χρωματικά σύμφωνα με τους αντίστοιχους προσδιορισμούς των αξόνων.

**Σημείωση:** αν η περιστροφή, η μεταφορά και οι διαχειρίσεις διαβάθμισης πραγματοποιούνται με τη βοήθεια του σύρτη, οι αλλαγές θέσης ακολουθούνται στις αντίστοιχες περιοχές.

Οι λειτουργίες του διαλόγου Transform:

### Coordinate system (Σύστημα συντεταγμένων)



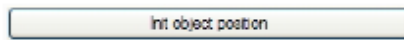
Εδώ καθορίζεται το σημείο αναφοράς των εισαγόμενων αξιών των διαχειρίσεων μεταφοράς και περιστροφής. Ο σύρτης επίσης αυτοπροσανατολίζεται στο καθορισμένο σημείο αναφοράς.

**World:** το σημείο αναφοράς αναφέρεται σε όλη τη πηγή.

**Local:** το σημείο αναφοράς αναφέρεται στην πηγή του αντικειμένου.

**Bounding Box:** το σημείο αναφοράς είναι το «κεντρικό σημείο» του bounding box του γεωμετρικού σχήματος.

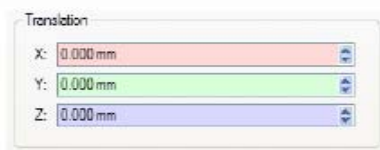
**Axis aligned:** το σημείο αναφοράς καθορίζεται στον άξονα που έχει καθοριστεί στην καρτέλα “Axis aligned”. Η μετάφραση και η περιστροφή περιορίζονται σε αυτόν τον άξονα. Οι αξίες για μετάφραση και περιστροφή μπορούν τώρα να εισαχθούν μόνο στο “X”. Τα υπόλοιπα πεδία και το πεδίο “Scale” είναι γκριζαρισμένα.

**Init object position (Αρχική θέση αντικειμένου)**

Το επιλεγμένο αντικείμενο επαναφέρεται στην αρχική θέση (την τελευταία αποθηκευμένη θέση).

**Translation (Μετακίνηση)**

Τα επιλεγμένα αντικείμενα μετακινούνται απόλυτα στους αντίστοιχους άξονες του καθορισμένου σημείου αναφοράς από την αντίστοιχη καταχωρημένη αξία.



**X:** απόλυτη μετάφραση στον άξονα X του καθορισμένου σημείου αναφοράς

**Y:** απόλυτη μετάφραση στον άξονα Y του καθορισμένου σημείου αναφοράς

**Z:** απόλυτη μετάφραση στον άξονα Z του καθορισμένου σημείου αναφοράς

Οι καταχωρημένες αξίες μπορούν επίσης να εισαχθούν με άλλες μονάδες μέτρησης. Οι αξίες μπορούν να μετατραπούν στην παρούσα μονάδα μέτρησης, αρκεί να ερμηνεύονται.

Οι ακόλουθες μονάδες μέτρησης είναι επιτρεπτές (παραδείγματα στο μετρικό σύστημα mm):

1.0 m = 1000 mm

1.0 cm = 100 mm

1.0 dm = 100 mm

1.0 km = 1000000 mm

1 " = 25.399 mm

1 ' = 25.399 mm

1.0 in = 25.399 mm

1.0 ft = 304.8 mm

1.0 yd = 914.4 mm

1.0 mi = 1609344.624 mm

Αν άλλες μονάδες μέτρησης επίσης προσδιορίζονται, η αξία ακολουθείται στο παρόν μετρικό σύστημα χωρίς μετατροπή.

### Καθορισμός ενός άξονα αναφοράς

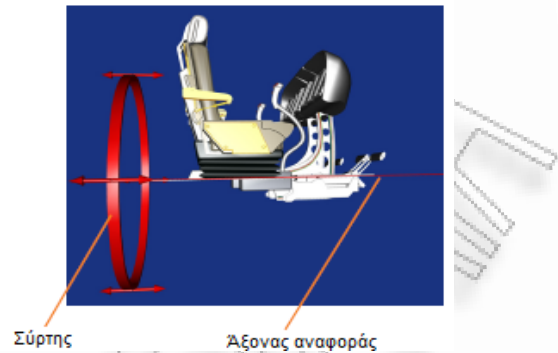
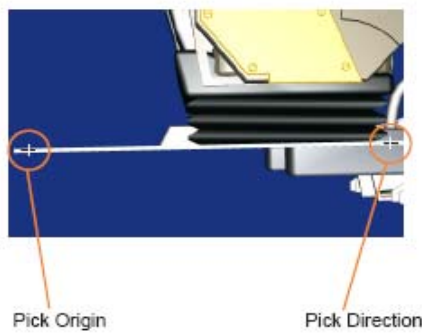
**Σημείωση:** πριν τον καθορισμό του άξονα αναφοράς, το "Axis aligned" πρέπει να επιλεγεί κάτω από το "Coordinate system" στην καρτέλα "Transformation". Διαφορετικά, τα κουτιά καταχώρησης και τα κουμπιά γκριζάρονται.

- **Χειροκίνητη καταχώρηση:** το σημείο πηγής του άξονα αναφοράς καθορίζεται στα κουτιά καταχώρησης X, Y και Z για το "Origin point". Ο προσανατολισμός του άξονα καθορίζεται με καταχώρηση των αξιών X, Y και Z για το "Direction point". Όλες οι καταχωρημένες αξίες είναι απόλυτες και αναφέρονται στην πηγή (World).
- **Καθορισμός μέσω επιλογής σημείου:** με τη βοήθεια της λειτουργίας επιλογής σημείου, ο άξονας αναφοράς μπορεί να καθορισθεί με δύο σημεία επιλογής στη γεωμετρική προβολή. Για αυτό το λόγο, το σημείο πηγής του άξονα αναφοράς καθορίζεται με το **Pick Origin** χρησιμοποιώντας το κουμπί "Pick Origin" (ο κέρσορας του ποντικιού εμφανίζεται ως σταυρός) και έπειτα κλικάροντας πάνω σε μία γεωμετρία στη γεωμετρική προβολή (ο κέρσορας του ποντικιού εμφανίζεται ξανά κανονικά). Με το **Pick Direction** τώρα καθορίζετε τον προσανατολισμό του άξονα χρησιμοποιώντας το κουμπί "Pick Direction" (ο κέρσορας του ποντικιού εμφανίζεται ως σταυρός) και μετά κλικάροντας μία γεωμετρία στη γεωμετρική προβολή (ο κέρσορας του ποντικιού εμφανίζεται ξανά κανονικά).

Ο άξονας αναφοράς μπορεί τώρα να εμφανιστεί με τη βοήθεια του σύρτη.

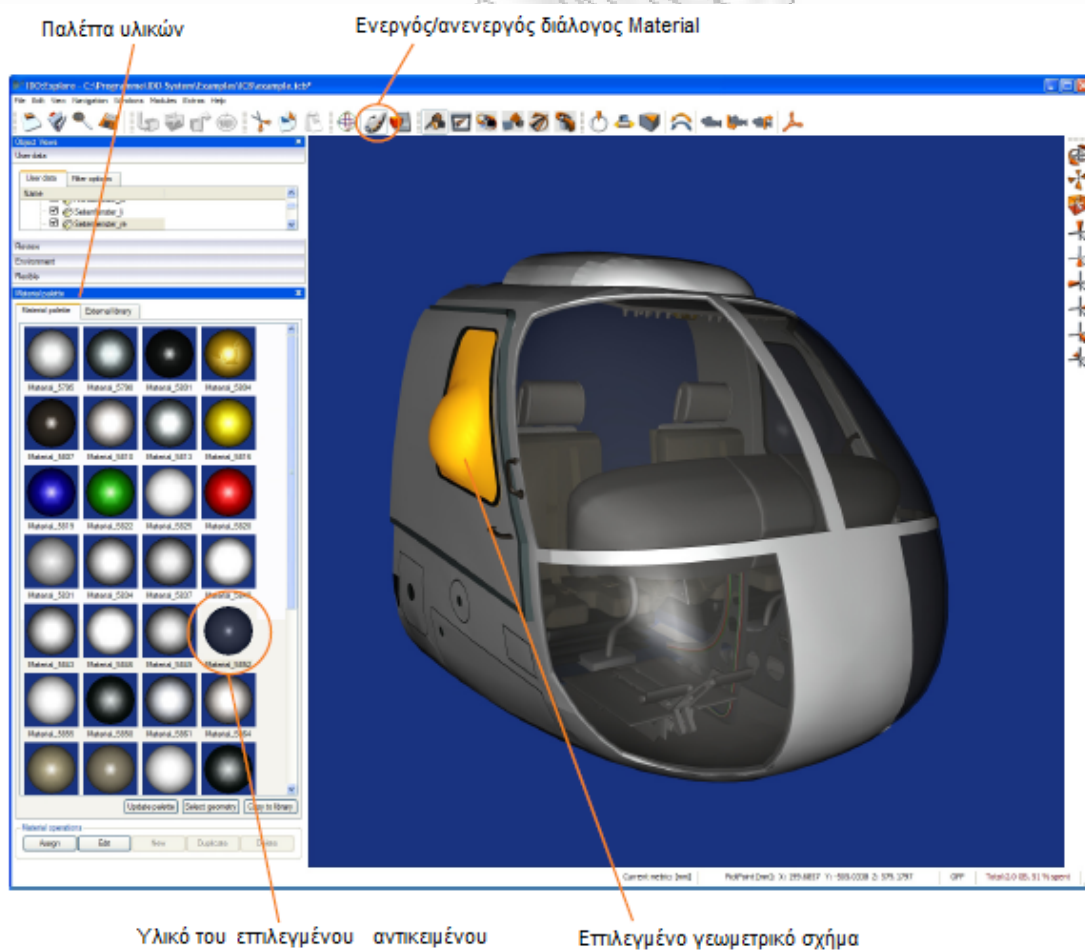
**Σημείωση:** η εμφάνιση και λειτουργία του σύρτη περιορίζονται στον άξονα αναφοράς όταν είναι επιλεγμένο το "Axis aligned" στο "Coordinate system".





Υλικές ιδιότητες των γεωμετρικών σχημάτων

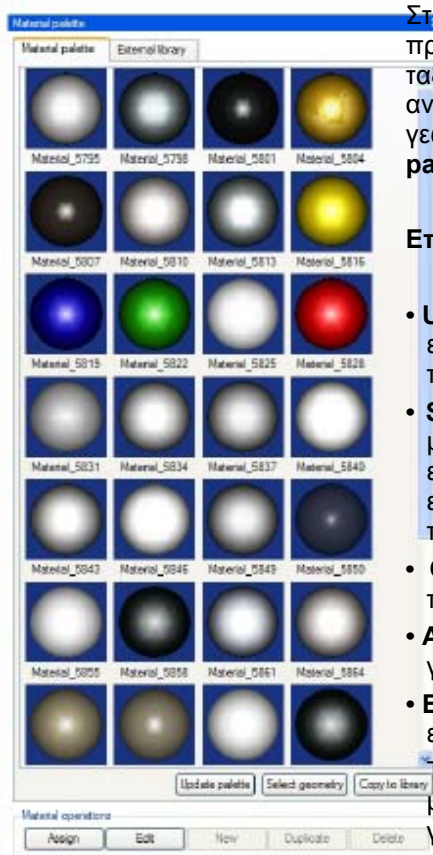
Οι υλικές ιδιότητες των ανεξάρτητων γεωμετρικών σχημάτων επεξεργάζονται με τις λειτουργίες του διαλόγου material. Οι εξωτερικές βιβλιοθήκες υλικών μπορούν επίσης να δημιουργηθούν και να εφαρμοστούν ανάλογα. Αυτό είναι χρήσιμο όταν οι ιδιότητες υλικών πρέπει να εφαρμοστούν σε διάφορα διαλεγμένα γεωμετρικά σχήματα. Το πλαίσιο διαλόγου material ενεργοποιείται μέσω του κουμπιού της γραμμής εργαλείων “Material dialog” ή μέσω του μενού “Windows”.



## Ο διάλογος υλικών

Ο διάλογος υλικών αποτελείται από την καρτέλα “Material palette” με τα υλικά των επιλεγμένων γεωμετρικών σχημάτων και την καρτέλα “External library” με τις λειτουργίες για διαχείριση των βιβλιοθηκών υλικών.

Η καρτέλα Material palette (Παλέτα υλικών)



Στην καρτέλα Material palette, τα ανεξάρτητα υλικά των προηγούμενων επιλεγμένων γεωμετρικών σχημάτων ταξινομούνται με τα χρώματα υλικών και τα ονόματά τους. Τα ανεξάρτητα υλικά υιοθετούνται το καθένα από τα επιλεγμένα γεωμετρικά σχήματα μετά το πάτημα του κουμπιού “**update palette**” και αντικαθιστούν την προηγούμενη παλέτα.

### Επισκόπηση των λειτουργιών:

- **Update palette:** Τα ανεξάρτητα υλικά υιοθετούνται από τα επιλεγμένα γεωμετρικά σχήματα και αντικαθιστούν την προηγούμενη παλέτα.
- **Select geometry:** επιλέγονται όλα τα γεωμετρικά σχήματα με προηγούμενος επιλεγμένο υλικό. Το υλικό μπορεί να επιλεγεί κλικάροντας ένα από την παλέτα υλικών ή επιλέγοντας ένα γεωμετρικό σχήμα στη γεωμετρική προβολή ή στη δομή δέντρου.
- **Copy to library:** το επιλεγμένο υλικό αντιγράφεται στην παλέτα υλικών της καρτέλας “External library”.
- **Assign:** το επιλεγμένο υλικό ορίζεται σε ένα ή περισσότερα γεωμετρικά σχήματα.
- **Edit:** ανοίγει τον επεξεργαστή υλικού για να επεξεργαστεί το επιλεγμένο υλικό.

Τα κουμπιά “New”, “Duplicate” και “Delete” είναι διαθέσιμα μόνο στην καρτέλα “External library” και επομένως είναι γκριζαρισμένα.

## Ορισμός υλικών στα γεωμετρικά σχήματα

- Επιλέξτε ένα υλικό στην παλέτα υλικών.
- Στη γεωμετρική προβολή ή στη δομή δέντρου, επιλέξτε ένα ή περισσότερα γεωμετρικά σχήματα.
- Με το κουμπί “Assign”, ορίστε το επιλεγμένο υλικό σε όλα τα επιλεγμένα γεωμετρικά σχήματα.
- Μπορείτε επίσης «να σύρετε και να αφήσετε» ένα υλικό στα επιλεγμένα γεωμετρικά σχήματα. Το υλικό τότε ορίζεται σε όλα τα επιλεγμένα γεωμετρικά σχήματα.

## Η καρτέλα External library (Εξωτερική βιβλιοθήκη)



Στην καρτέλα “External Library”, μπορείτε να φορτώσετε και να επεξεργαστείτε τις βιβλιοθήκες υλικών, μπορείτε να δημιουργήσετε νέες βιβλιοθήκες υλικών και να ορίσετε τα υλικά βιβλιοθηκών στα γεωμετρικά σχήματα. Εδώ επίσης, τα ανεξάρτητα υλικά στις βιβλιοθήκες ταξινομούνται με τα χρώματα υλικών και τα ονόματά τους σε μία παλέτα. Το όνομα της ταξινομημένης βιβλιοθήκης υλικών εμφανίζεται στην πάνω αριστερή γωνία.

### Επισκόπηση των λειτουργιών:

- **Add from 3D:** τα υλικά των επιλεγμένων γεωμετρικών σχημάτων προστίθενται στην παρούσα παλέτα. Αν δεν επιλεγούν γεωμετρικά σχήματα, εμφανίζεται μία προειδοποίηση.
- **Load library:** ανοίγει ένας διάλογος αρχείων για φόρτωση μίας νέας βιβλιοθήκης υλικών.
- **Save library:** η παλέτα υλικών “External library” αποθηκεύεται σε μία βιβλιοθήκη υλικών.
- **Assign:** το επιλεγμένο υλικό ορίζεται σε ένα ή περισσότερα επιλεγμένα γεωμετρικά σχήματα.
- **Edit:** ανοίγει ο επεξεργαστής υλικού για να επεξεργαστεί το επιλεγμένο υλικό.
- **New:** δημιουργείται ένα νέο υλικό στην παλέτα υλικών της “External library”.
- **Duplicate:** ένα επιλεγμένο υλικό αντιγράφεται και δημιουργείται με νέο όνομα στην παλέτα.
- **Delete:** το επιλεγμένο υλικό απομακρύνεται από την παλέτα.

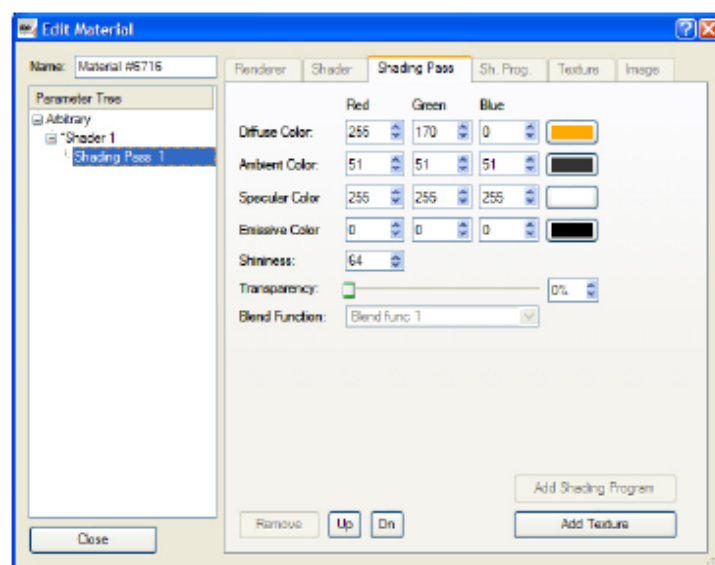
### Ο material editor (επεξεργαστής υλικού)

Ο επεξεργαστής υλικού αποτελείται από διάφορες καρτέλες, ένα κουτί ονόματος και το δέντρο παραμέτρων.

Το όνομα του υλικού μπορεί να αλλάξει μέσα στο κουτί ονόματος. Επιλέγετε τις ανεξάρτητες καρτέλες κλικάροντας στο δέντρο παραμέτρων.

Όταν ξεκινήσετε τον επεξεργαστή υλικού, ανοίγει πρώτα η καρτέλα “Shading Pass”.

### Οι λειτουργίες της καρτέλας “Shading Pass”:

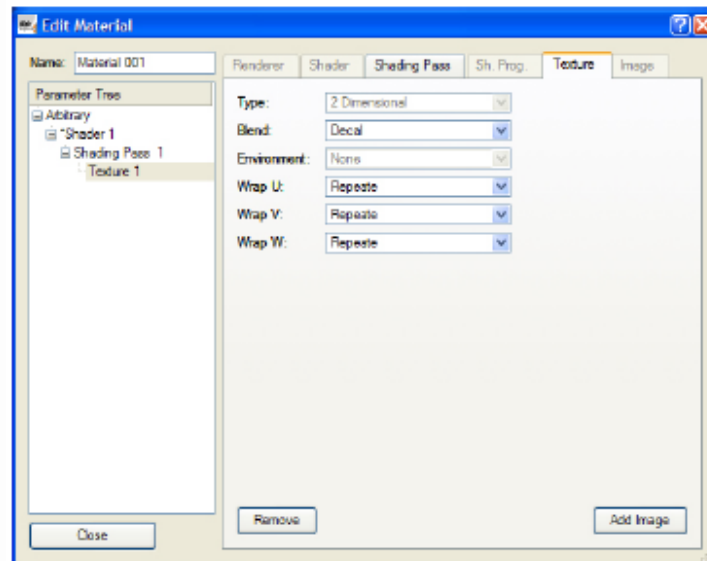


Εδώ, οι ρυθμίσεις χρώματος, “Shininess” και “Transparency” αλλάζουν. Οι χρωματικές αξίες μπορούν επίσης να επιλεγούν κλικώντας το κουτί χρώματος δίπλα στις ρυθμίσεις. Αυτό ανοίγει μία παλέτα χρώματος.

Οι ρυθμίσεις λεπτομερώς:

- **Diffuse Color:** οι αξίες RGB των διάχυτων χρωματικών αξιών.
- **Ambient Color:** οι αξίες RGB των περιβαλλόντων χρωματικών αξιών.
- **Specular Color:** οι αξίες RGB του εφέ φωτεινότητας.
- **Emissive Color:** οι RGB αξίες της εγγενούς ακτινοβολίας φωτός.
- **Shininess:** προσαρμογή του κώνου φωτεινότητας.  
Υψηλή αξία = στενότερος κώνος  
Χαμηλή αξία = ευρύτερος κώνος
- **Transparency:** προσαρμογή των ιδιοτήτων διαφάνειας από 0% έως 100%.
- **Add Texture:** πρόσθεση μίας υφής.
- **Add Shading Program:** πρόσθεση ενός «προγράμματος σκίασης» (αυτή η λειτουργία μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε συνδυασμό με τον σχεδιαστή NVIDIA. Το κουμπί γκριζάρεται όταν χρησιμοποιούνται άλλα προγράμματα).

### Οι λειτουργίες της καρτέλας “Texture” («Υφής»):



- **Blend:**

“**Decal**”: χρησιμοποιούνται τα χρώματα της υφής.

“**Modulate**”: τα χρώματα των αντικειμένων πολλαπλασιάζονται με το χρώμα υφής (colour blending).

- **Environment:** καθορισμός των τύπων περιβάλλοντος που χρησιμοποιούνται (None, Planar, Spherical, Parabolic, Cubical, Cube Sided).

- **Wrap U:** προσαρμογή της συντεταγμένης υφής U.

“Repeat”: η υφή επαναλαμβάνεται.

“Clamp”: η υφή τεντώνεται.

- **Wrap V:** προσαρμογή της συντεταγμένης υφής V.

- **Wrap W:** προσαρμογή της συντεταγμένης υφής W.

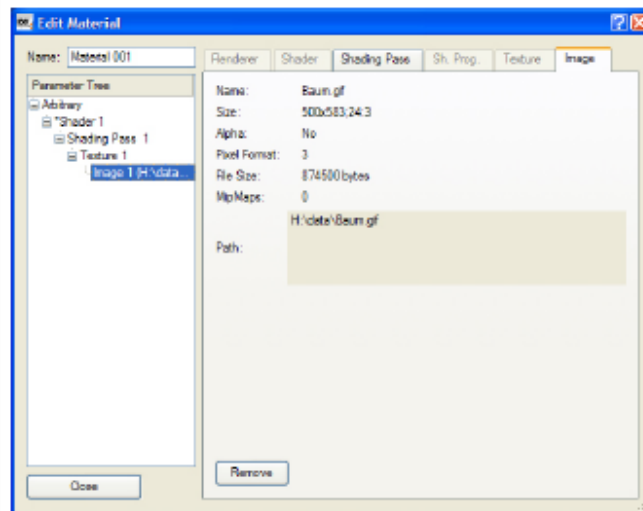
- **Remove:** η υφή διαγράφεται.

- **Add Image:** προστίθεται ένα αρχείο εικόνας.

**Σημείωση:** το IDO:Explore δεν μπορεί να δημιουργήσει νέες υφές στις γεωμετρίες επειδή οι συντεταγμένες υφής λείπουν. Οι υφές πρέπει να καθορίζονται εκ των προτέρων στη γεωμετρία με Maya, για παράδειγμα.

Μόνοι οι υπάρχουσες υφές μπορούν να επεξεργαστούν με τον επεξεργαστή υλικού του IDO:Explore

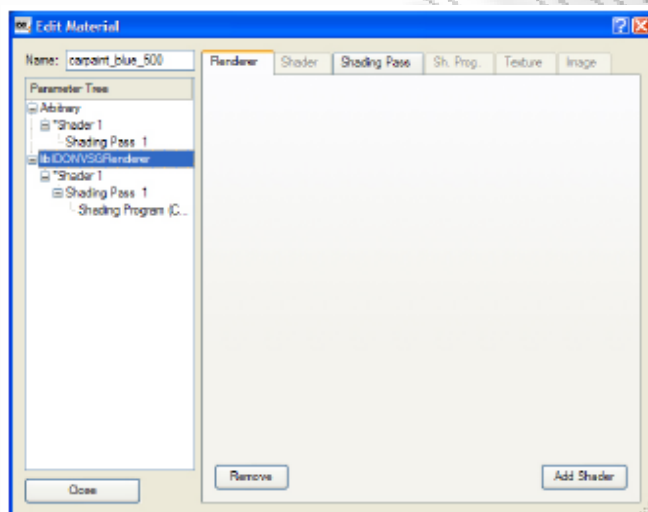
### Οι λειτουργίες της καρτέλας “Image”:



Η καρτέλα "Image" περιέχει πληροφορίες που σχετίζονται με το αρχείο εικόνας.

- **Remove:** το αρχείο εικόνας απομακρύνεται από τις ιδιότητες υλικών.

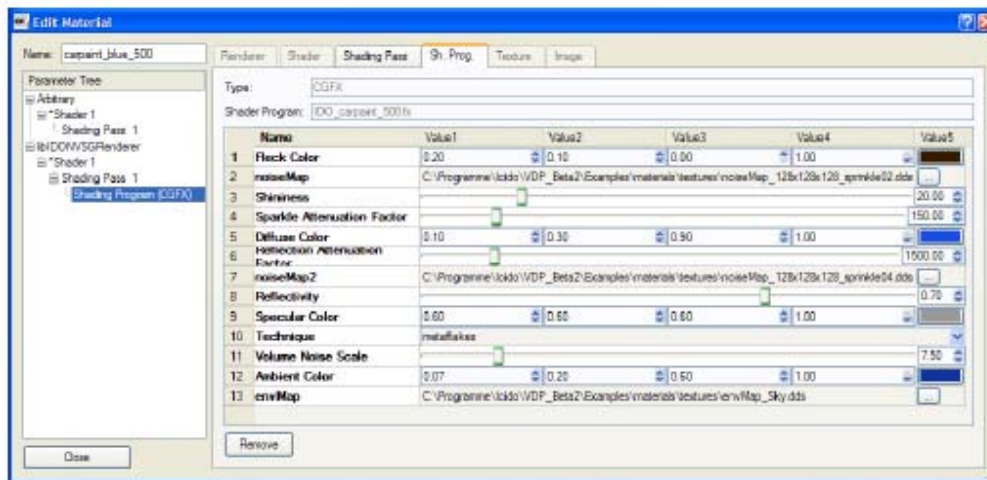
Οι λειτουργίες της καρτέλας "Renderer" («Επεξεργαστή απεικόνισης»):



Η καρτέλα "Renderer" ανοίγει κάνοντας κλικ στο αντικείμενο κορυφής ή σε ένα «αντικείμενο σκιαστές» στο δέντρο παραμέτρων.

- **Remove:** ο σκιαστές απομακρύνεται από τις ιδιότητες υλικού.
- **Add Shader:** ένας σκιαστές προστίθεται.


Οι λειτουργίες της καρτέλας "Shading Program":

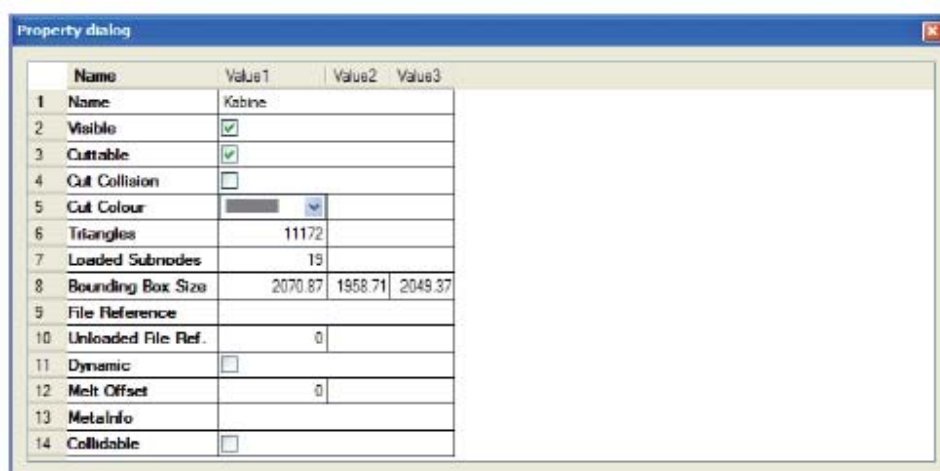


Η καρτέλα “Shading Program” ανοίγει κλικάροντας στο αντικείμενο “Shader Program” στο δέντρο παραμέτρων. Η καρτέλα δείχνει τις παραμέτρους του προγράμματος σκίασεί, οι οποίες εξαρτώνται από το αντίστοιχο πρόγραμμα σκίασεί και πρέπει να υποστηρίζονται από το hardware.

- **Remove:** το πρόγραμμα σκίασεί απομακρύνεται από τις ιδιότητες υλικών.

Οι ιδιότητες αντικειμένων

Οι ιδιότητες αντικειμένων ταξινομούνται στο διάλογο “Property dialog”. Ο “Property dialog” ανοίγει με το κουμπί της γραμμής εργαλείων  ή με το μενού “Windows”. Μόλις επιλεγεί ένα αντικείμενο του γράφου σκηνής ή της γεωμετρικής προβολής στο IDO:Explore ή σε άλλο module του VDP:Software, μπορεί να ενεργοποιηθεί με δεξί κλικ στο αντίστοιχο μενού λεπτομερειών “Show Properties” ή με τη συντόμευση πληκτρολογίου “Ctrl+p”. Το “Property dialog” αυτοπροσαρμόζεται στις ανάλογες ιδιότητες αντικειμένου (σε αυτό το παράδειγμα, εμφανίζονται οι ιδιότητες αντικειμένων ενός γεωμετρικού σχήματος).



### Διαθέσιμες είναι οι ακόλουθες ρυθμίσεις:

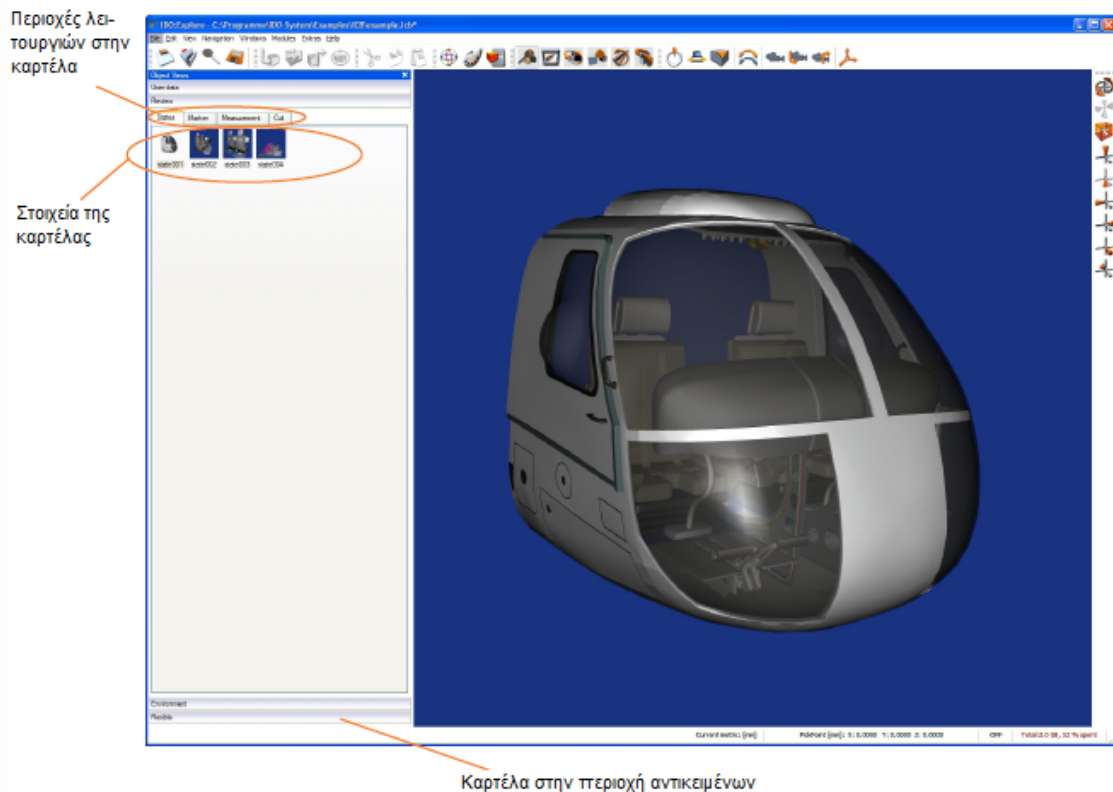
- **Name (όνομα):** το όνομα του επιλεγμένου αντικειμένου. Μπορείτε να μετονομάσετε το αντικείμενο κάνοντας διπλό κλικ στο κουτί “Value1”.
- **Visible (ορατός):** στη στήλη “Value1”, μπορείτε να αποκρύψετε ή να εμφανίσετε το επιλεγμένο αντικείμενο και όλα τα υποκείμενα αντικείμενα.
- **Cuttable (επιδεχόμενο τομής):** το αντικείμενο εμφανίζεται ως τεμνόμενο όταν ενεργοποιείται το τέμνον επίπεδο.
- **Cut Collision (Πρόσκρουση τομής):** προσκρούσεις με άλλα γεωμετρικά σχήματα εμφανίζονται στο τέμνον επίπεδο.
- **Cut Colour (χρώμα τομής):** η τεμνόμενη επιφάνεια του αντικειμένου εμφανίζεται με το επιλεγμένο χρώμα.
- **Triangles (τρίγωνα):** ένας αριθμός εμφανιζόμενων πολυγώνων του επιλεγμένου δέντρου αντικειμένου.
- **Loaded Subnodes (φορτωμένοι υποκόμβοι):** αριθμός από υποκόμβους.
- **Bounding Box Size:** συγκεκριμένο μέγεθος του bounding box.
- **File Reference (αρχείο αναφοράς):** προσδιορισμός του μονοπατιού ενός αρχείου αναφοράς.
- **Unloaded File Ref.:** αριθμός μη φορτωμένων κόμβων αναφοράς.
- **Dynamic:** φυσική ιδιότητα των αντικειμένων στην περίπτωση του IDO:Package. Μόνο τα αντικείμενα που είναι ρυθμισμένα στο “Dynamic” μπορούν να μετακινηθούν στο IDO:Package.
- **Melt Offset:** η αξία για τη λειτουργία melt στο IDO:Package.
- **MetalInfo:** εδώ, μεταπληροφορίες μπορούν να εμφανίζονται υπό τον όρο ότι αυτό περιλαμβάνεται στην εγγραφή (αυτή η λειτουργία προσωρινά υποστηρίζεται μόνο σε μορφή Jt).
- **Collidable:** φυσική ιδιότητα των αντικειμένων στην περίπτωση του εντοπισμού πρόσκρουσης στο IDO:Package.

## 5 Η περιοχή αντικειμένων (Προβολές Αντικειμένων)

Στην περιοχή αντικειμένων, τα ανεξάρτητα στοιχεία ορίζονται σε ομάδες αντικειμένων. Οι ομάδες αντικειμένων χωρίζονται σε ανάλογες καρτέλες (containers). Τα ανεξάρτητα στοιχεία των ομάδων αντικειμένων εντοπίζονται σε αυτές τις καρτέλες και με τη σειρά τους, μπορούν να χωριστούν σε περιοχές λειτουργιών. Ο αριθμός των καρτελών στην περιοχή αντικειμένων μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τα modules που έχουν εγκατασταθεί.

Οι καρτέλες ανοίγονται κλικάροντας και κλείνουν τις καρτέλες που είχαν ανοιχτεί προηγουμένως. Όταν γίνεται εκκίνηση του προγράμματος, η καρτέλα “User data” με τη δομή δέντρου ανοίγει αυτόματα.





Η περιοχή αντικειμένων του User data (Δεδομένα χρήστη)

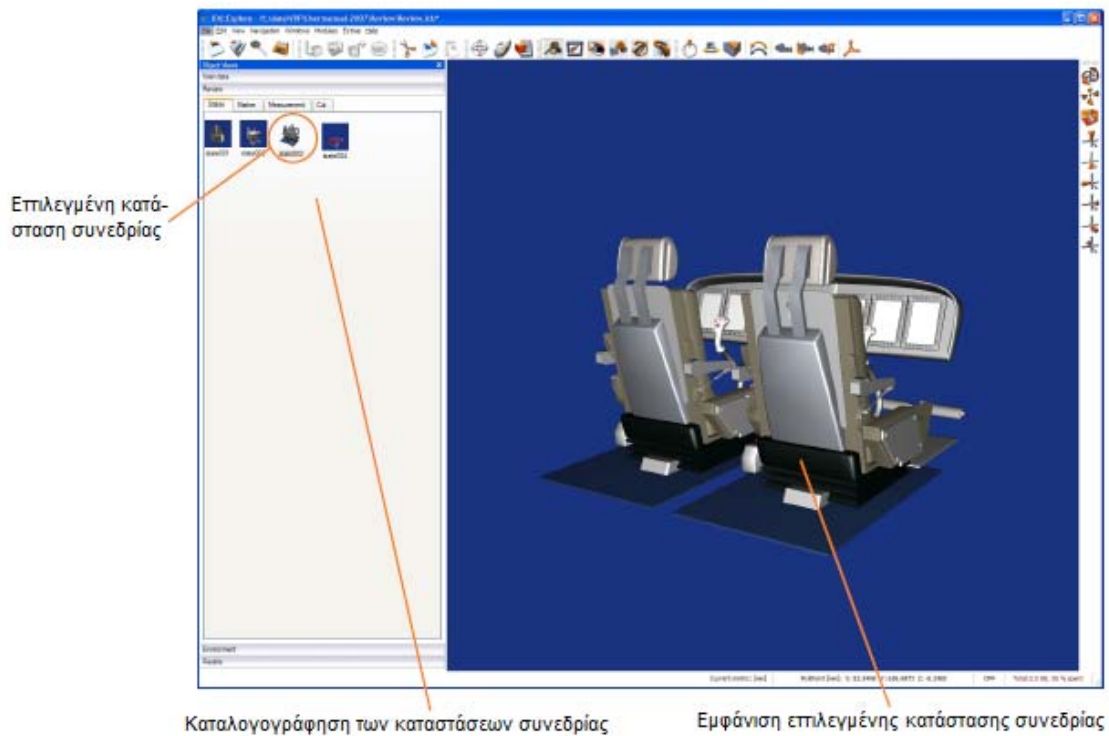
Η δομή δέντρου με τις λειτουργίες φίλτρου βρίσκεται στην καρτέλα "User data". Η δομή δέντρου με τις λειτουργίες φίλτρου περιγράφεται λεπτομερώς.

Η περιοχή Ανασκόπησης αντικειμένων

Οι λειτουργίες ανασκόπησης "States" (καταστάσεις συνεδρίας), "Marker", "Measurement" και "Cut" (τέμνον επίπεδο) βρίσκονται στην καρτέλα "Review". Οι λειτουργίες ανασκόπησης χωρίζονται επίσης σε καρτέλες.

Καταστάσεις συνεδρίας

Στο IDO:Explore, διάφορες «καταστάσεις» μίας συνεδρίας μπορούν να αποθηκευτούν. Οι ανεξάρτητες καταστάσεις συνεδρίας αποθηκεύονται στην καρτέλα "States", όπου μπορούν να επεξεργαστούν περαιτέρω.



Οι λειτουργίες κατάστασης εκκινούν μέσω διάφορων μενού λεπτομερειών. Όταν κάνετε δεξί κλικ **δίπλα σε** ένα “εικονίδιο κατάστασης”, ανοίγει ένα μενού με λεπτομερειών που περιέχει τις λειτουργίες **Create State**, **Import State** και **Export State**. Όταν κάνετε δεξί κλικ **πάνω** σε ένα εικονίδιο κατάστασης, ανοίγει το μενού λεπτομερειών “Edit state” με τις λειτουργίες **Apply**, **Edit** και **Delete**.

**Τα μενού και οι λειτουργίες στην καρτέλα “States”:**

- **Create State (δημιουργία κατάστασης):** ενεργοποιεί τη λειτουργία “snapshot”. Αποθηκεύεται η παρούσα κατάσταση συνεδρίας, λαμβάνοντας υπόψη την παρούσα θέση προβολής. Δημιουργείται ένα επιπλέον εικονίδιο με το αντίστοιχο “state index” (ξεκινώντας με State0) στην καρτέλα State. Οι καταστάσεις συνεδρίας που δημιουργούνται με τη λειτουργία “snap” στο εμβυθιστικό σύστημα επίσης ταξινομούνται στην καρτέλα State.
- **Import State (εισαγωγή κατάστασης):** οι αποθηκευμένες καταστάσεις συνεδρίας εισάγονται από ένα «αρχείο κατάστασης».
- **Export State (εξαγωγή κατάστασης):** οι παρούσες καταστάσεις συνεδρίας αποθηκεύονται σε ένα «αρχείο κατάστασης».
- **Apply (εφαρμογή):** η επιλεγμένη κατάσταση συνεδρίας αποκαθιστάται στη σκηνή (στο εμβυθιστικό σύστημα και στη γεωμετρική προβολή) (το “Apply” επίσης εκτελείται με διπλό κλικ σε ένα «εικονίδιο κατάστασης»).
- **Edit (επεξεργασία):** ο επεξεργαστής κατάστασης συνεδρίας ενεργοποιείται με αυτό το κουμπί.
- **Delete (διαγραφή):** διαγράφεται η επιλεγμένη κατάσταση συνεδρίας.

Άλλες λειτουργίες:

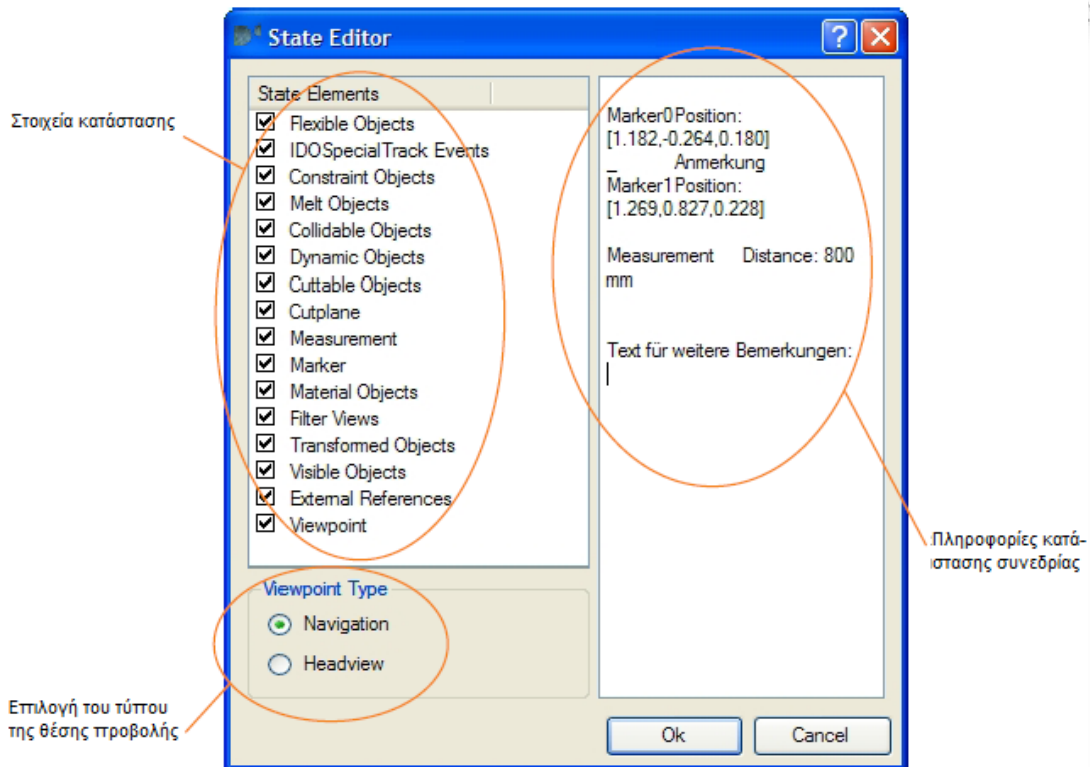
- **Change state index (αλλαγή ευρετηρίου κατάστασης):** οι περιγραφές των εικονιδίων μπορούν να αλλάξουν κάνοντας αριστερό κλικ στο κείμενο της επιλεγμένης «κατάστασης» και εισάγοντας οποιοδήποτε επιλεγμένο κείμενο. Η μετατροπή των περιγραφών μπορεί να αλλάξει τη σειρά των καταστάσεων συνεδρίας στη λίστα (αλφαβητική ταξινόμηση).

**Σημείωση:** οι καταστάσεις συνεδρίας επίσης αποθηκεύονται στη συνεδρία και μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν μετά την αποθήκευση της συνεδρίας (Save Session). Οι καταστάσεις συνεδρίας δεν περιλαμβάνονται αν μόνο η γεωμετρία έχει αποθηκευτεί (αποθήκευση σε .ICB ή εξαγωγή σε άλλη μορφή).

Αν ανοιχτεί μία νέα συνεδρία στην οποία είναι αποθηκευμένες καταστάσεις συνεδρίας, η πρώτη κατάσταση συνεδρίας φορτώνεται αυτόματα.

## Επεξεργασία καταστάσεων συνεδρίας

Οι καταστάσεις μίας συνεδρίας μπορούν να επεξεργαστούν με τον επεξεργαστή κατάστασης συνεδρίας. Αυτός προσφέρει τη δυνατότητα φιλτραρίσματος των «στοιχείων κατάστασης» στη σχετική κατάσταση συνεδρίας.



### Οι λειτουργίες του επεξεργαστή κατάστασης συνεδρίας:

- **State Elements (στοιχεία κατάστασης):** όλα τα καταλογογραφημένα στοιχεία κατάστασης μπορούν να φιλτραριστούν από την επιλεγμένη κατάσταση (για παράδειγμα, οι αποθηκευμένοι δείκτες στην κατάσταση συνεδρίας μπορούν να αποκρυφτούν αφαιρώντας το σήμα ελέγχου στο κουτάκι ελέγχου). Οι αλλαγές στον επεξεργαστή δεν είναι ορατές στη σκηνή μέχρι την εφαρμογή της κατάστασης συνεδρίας (το μενού λειτουργίας “Apply” στην καρτέλα “State” ή διπλό κλικ στην αντίστοιχη κατάσταση συνεδρίας).

- **Viewpoint Type (τύπος θέασης σημείου):** επιλογή του τύπου της θέσης προβολής στη σκηνή.

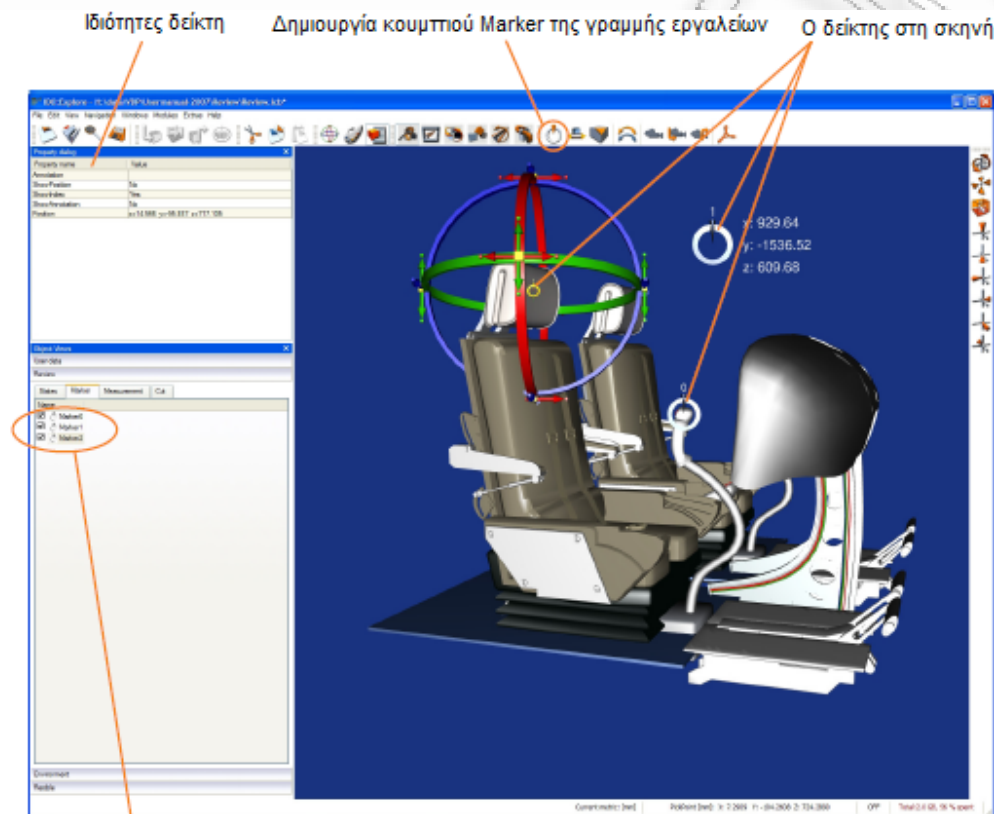
**Headview:** χρησιμοποιείται η καθορισμένη «ανιχνευμένη» θέση κεφαλής στο IDO:ImmersiveWorkspace module υπό το “Tracker Control”.

**Navigation(πλοήγηση):** η θέση προβολής αποθηκεύεται στην κατάσταση συνεδρίας όταν χρησιμοποιείται η κατάσταση συνεδρίας.

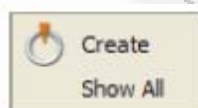
- **Session state information(πληροφορίες κατάστασης συνεδρίας):** πληροφορίες σχετικά με τα στοιχεία της κατάστασης που εμφανίζονται σε αυτή την περιοχή. Μπορείτε επίσης να εισάγετε τα δικά σας σχόλια εδώ (ο τρόπος λειτουργίας επεξεργασίας ενεργοποιείται όταν κάνετε αριστερό κλικ στο παράθυρο).

### Μαρκαρίσμα

Με τη λειτουργία μαρκαρίσματος, διάφοροι δείκτες μπορούν να οριστούν σε κάθε θέση στη σκηνή. Οι δείκτες μπορούν να επεξεργαστούν περαιτέρω στο 2D GUI (για παράδειγμα, αλλαγή θέσης ή σχόλια).



Πίνακογράφηση δεικτών



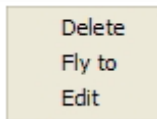
Μενού Λεπτομερειών  
(άνοιγμα με δεξί κλικ  
δίπλα στο δείκτη)

### Κατά τη χρήση του μαρκαρίσματος στο 2D GUI:

Όταν κάνετε δεξί κλικ δίπλα από ένα δείκτη ή μέσα σε μία άδεια λίστα, ανοίγει ένα μενού λεπτομερειών με τις ακόλουθες λειτουργίες δείκτη:

- **Create:** η λειτουργία μαρκαρίσματος ενεργοποιείται (ο κέρσοντας του ποντικιού εμφανίζεται ως σταυρός). Δημιουργείται ένα νέο σημείο μαρκαρίσματος (δείκτης) όταν κάνετε αριστερό κλικ στη γεωμετρική προβολή. Αν επιλέξετε ένα γεωμετρικό σχήμα, ο δείκτης δημιουργείται σε αυτή τη θέση, διαφορετικά στην παρούσα θέση προβολής. Στην καρτέλα "Marker", ο δείκτης δημιουργείται στη μορφή ενός επιπλέον «κόμβου δείκτη» με αρίθμηση. Ο πρώτος δείκτης ξεκινά με τον αριθμό 0.
- **Show All Markers:** εμφανίζονται όλοι οι δείκτες στη σκηνή.

**Σημείωση:** η λειτουργία "Create" μπορεί επίσης να ενεργοποιηθεί με το κουμπί της γραμμής εργαλείων "Create a new Marker".

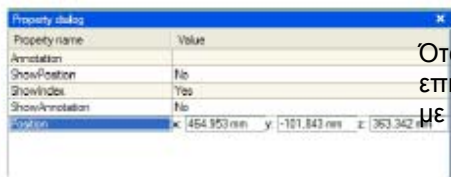


Μενού Λεπτομερειών  
(άνοιγμα με δεξί κλικ  
δίπλα στο δείκτη)

Όταν κάνετε δεξί κλικ σε ένα δείκτη, ανοίγει ένα μενού λεπτομερειών με τις ακόλουθες λειτουργίες δείκτη:

- **Delete:** διαγράφεται ο επιλεγμένος δείκτης.
- **Fly to:** η θέση προβολής μετακινείται στον επιλεγμένο δείκτη.
- **Edit:** ανοίγει το διάλογο "Property dialog" με τις ιδιότητες δείκτη.

### Επεξεργασία μαρκαρίσματος:



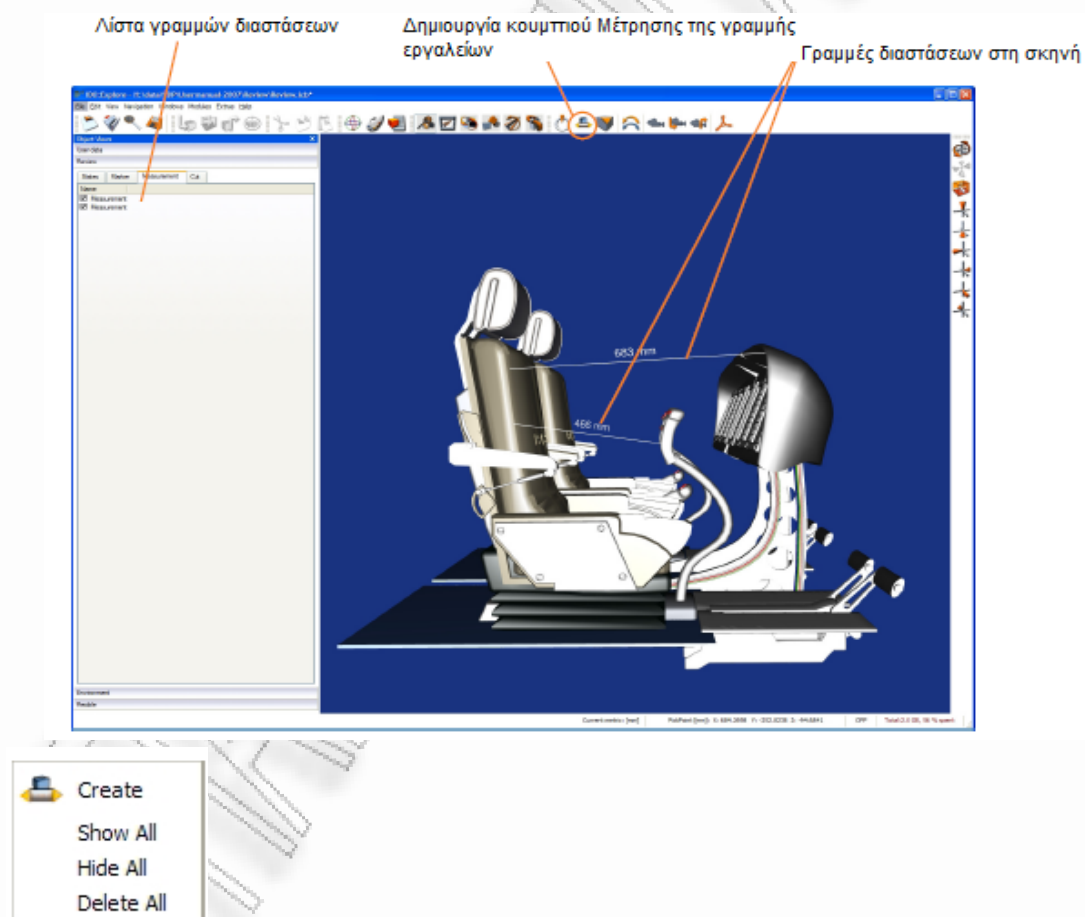
Όταν κάνετε δεξί κλικ σε ένα δείκτη ή όταν πατάτε Ctrl+p με επιλεγμένο ένα δείκτη, ανοίγει ο διάλογος "Property dialog" με τις ακόλουθες λειτουργίες:

- **Annotation (σχολιασμός):** μπορείτε να εισάγετε σχολιασμούς στο κουτί "Value". Αυτοί οι σχολιασμοί εμφανίζονται στη σκηνή όταν η αξία για το "Show Annotation" είναι ρυθμισμένο στο "Yes".
- **ShowPosition:** η θέση εμφανίζεται στη σκηνή με το "Yes" ή αποκρύπτεται με το "No".

- **ShowIndex:** το ευρετήριο δείκτη εμφανίζεται στη σκηνή με το “Yes” ή αποκρύπτεται με το “No”.
- **ShowAnnotation:** οι σχολιασμοί εμφανίζονται στη σκηνή με το “Yes” ή αποκρύπτονται με το “No”.
- **Position:** η θέση δείκτη στη σκηνή. Οι αξίες X, Y και Z προσδιορίζουν την απόσταση από τα σημείο μηδέν της σκηνής σύμφωνα με το ρύθμιση μέτρησης. Η θέση και ο προσανατολισμός μπορούν επίσης να αλλάξουν με τη βοήθεια του σύρτη.

### Η λειτουργία μέτρησης

Με τη λειτουργία μέτρησης, διάφορες γραμμές απόστασης μπορούν να ρυθμιστούν στη σκηνή σε γεωμετρικά σχήματα ή από ένα γεωμετρικό σχήμα σε ένα άλλο. Οι ανεξάρτητες γραμμές διαστάσεων διαχειρίζονται και οι ανεξάρτητες λειτουργίες μέτρησης είναι διαθέσιμες στην καρτέλα “Measurement”.



Μενού Λεπτομερειών  
(άνοιγμα με δεξί κλικ δίπλα  
στο δείκτη)

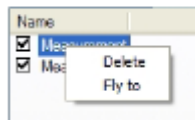
Οπτικοποίηση γεωμετρικών σχημάτων σε Εικονικό Περιβάλλον:  
Προϋποθέσεις, Τεχνικές, Εργαλεία

### Χρήση της λειτουργίας μέτρησης στο 2D GUI:

Όταν κάνετε δεξί κλικ δίπλα από μία μέτρηση ή μέσα σε μία άδεια λίστα, ένα μενού λεπτομερειών ανοίγει με τις ακόλουθες λειτουργίες μέτρησης:

- **Create (Δημιουργία):** ενεργοποιείται η λειτουργία μέτρησης (ο κέρσορας του ποντικιού εμφανίζεται ως σταυρός). Στη λειτουργία μέτρησης, καθορίζονται ένα σημείο αρχής και ένα σημείο τέλους στη γραμμή διάστασης στη σκηνή. Το σημείο αρχής δημιουργείται διαλέγοντας ένα γεωμετρικό σχήμα, ενώ το σημείο τέλους δημιουργείται επιλέγοντας ένα άλλο γεωμετρικό σχήμα. Στην καρτέλα "Measurement", η μέτρηση εμφανίζεται με τη μορφή ενός επιπλέον κόμβου.
- **Show All (Εμφάνιση όλων):** εμφανίζονται όλες οι γραμμές διαστάσεων στη σκηνή.
- **Hide All (Απόκρυψη όλων):** όλες οι γραμμές διαστάσεων αποκρύπτονται στη σκηνή.
- **Delete All (Διαγραφή όλων):** Διαγράφονται όλες οι γραμμές διαστάσεων.

**Σημείωση:** η λειτουργία "Create" μπορεί επίσης να ενεργοποιηθεί με το κουμπί της γραμμής εργαλείων "Create a new Measurement".



Μενού Λεπτομερειών  
(άνοιγμα με δεξί κλικ  
δίπλα στο δείκτη)

Όταν κάνετε δεξί κλικ σε μία μέτρηση, ανοίγει ένα μενού λεπτομερειών με τις ακόλουθες λειτουργίες δείκτη:

- **Delete (διαγραφή):** διαγράφεται η επιλεγμένη μέτρηση.
- **Fly to (πτήση προς):** η θέση προβολής μετακινείται στην επιλεγμένη μέτρηση.

#### Επιπλέον επιλογές επεξεργαστή:

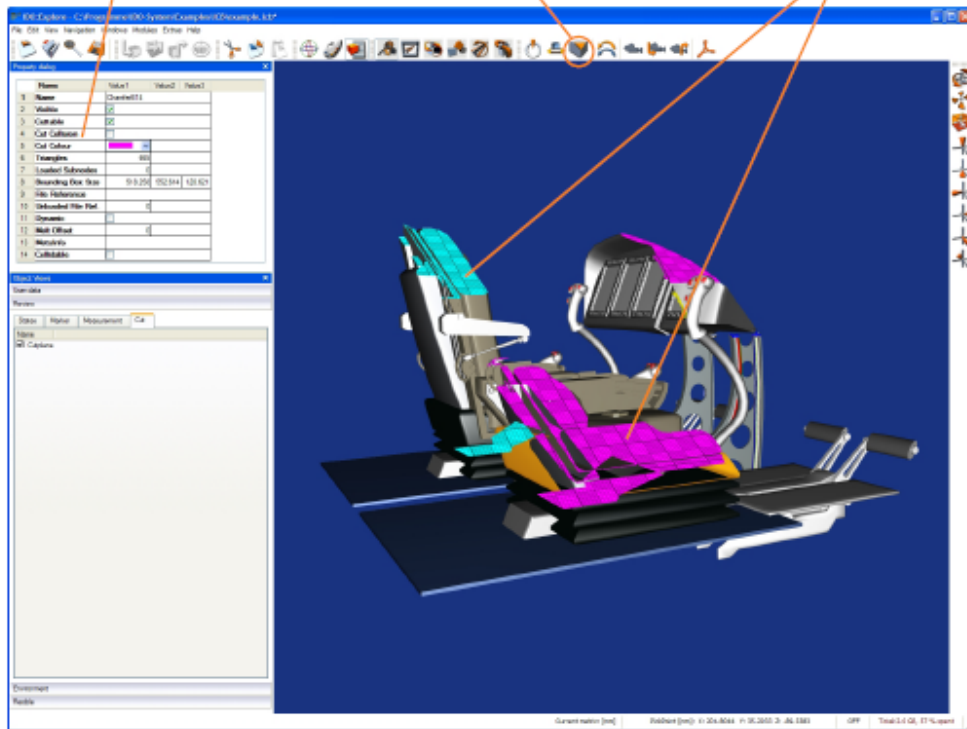
- **Show or hide dimension line (εμφάνιση ή απόκρυψη γραμμής διάστασης):** μπορείτε να αποκρύψετε τις γραμμές διάστασης κάνοντας κλικ μέσα στο κουτί ελέγχου (το σημείο ελέγχου αφαιρείται από το κουτί ελέγχου) ή μπορείτε να τις εμφανίσετε (το σημείο ελέγχου ρυθμίζεται μέσα στο κουτί ελέγχου).
- **Transformation (μετατροπή):** η θέση και ο προσανατολισμός των επιλεγμένων γραμμών διαστάσεων μπορεί να αλλάξει στη σκηνή μέσω του πλαισίου διαλόγου Transform ή με τη βοήθεια του σύρτη.

Το τέμνον επίπεδο

Με τη λειτουργία cut plane (τέμνοντος επιπέδου), η σκηνή μπορεί να εμφανίζεται με ένα τέμνον επίπεδο που μπορεί να μετακινηθεί οπουδήποτε. Το τέμνον επίπεδο μπορεί να μετακινηθεί τόσο στο 2D GUI (στο πλαίσιο διαλόγου ή με το σύρτη) ή στο εμβυθιστικό σύστημα.



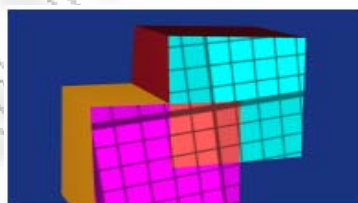
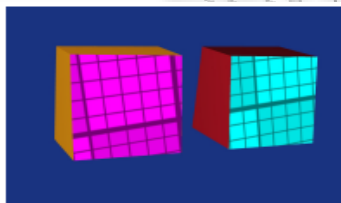
Ιδιότητες αντικειμένων επιδεχόμενων τομής      Ενεργοποίηση/απενεργοποίηση λειτουργίας της γραμμής εργαλείων Cutplane      Τέμνον επίπεδο στη σκηνή



**Αρχή διαχείρισης της λειτουργίας τεμνόμενου επιπέδου:**

Στη σκηνή, τέμνονται μόνο τα γεωμετρικά σχήματα που έχουν καθοριστεί στην ιδιότητα “cuttable” στο πλαίσιο διαλόγου “Property dialog”. Οι τεμνόμενες περιοχές των ανεξάρτητων γεωμετρικών σχημάτων μπορούν να παρουσιαστούν με διάφορα χρώματα. Με την ιδιότητα “Cut Collision”, οι επικαλύψεις των γεωμετρικών σχημάτων στο τέμνον επίπεδο μπορούν επίσης να παρουσιάζονται με χρώμα.

Το τέμνον επίπεδο ενεργοποιείται ή απενεργοποιείται με το κουμπί της γραμμής εργαλείων “Enable/Disable Cutplane” ή με το κουτί ελέγχου στην καρτέλα “Cut” στην περιοχή αντικειμένων “Review”.



Τέμνον επίπεδο χωρίς πρόσκρουση

Τέμνον επίπεδο με πρόσκρουση

Γεωμετρία επιδεχόμενη τομής

Πρόσκρούσεις στο τέμνον επίπεδο

Επιλογή χρώματος τέμνοντος επιπέδου

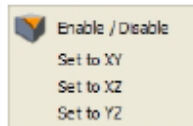
Name	Value1	Val
1 Name		
2 Visibility	25	
3 Cuttable	25	
4 Cut Collision	25	
5 Cut Colour	25	
6 Extrangle	800	
7 Loaded Subnodes	0	

Οπτικοποίηση γεωμετρικών σχημάτων σε Εικονικό Περιβάλλον: Προϋποθέσεις, Τεχνικές, Εργαλεία

## Χρήση τεμνόμενων επιπέδων του 2D GUI:

### 1. Καθορισμός των ιδιοτήτων αντικειμένων:

- Στη δομή δέντρου, επιλέγονται τα αντικείμενα που πρόκειται να εμφανιστούν στη σκηνή ως τεμνόμενα αντικείμενα (Cuttable – είναι δυνατή η πολλαπλή επιλογή).
- Στο πλαίσιο διαλόγου “Property dialog”, ενεργοποιήστε το κουτί ελέγχου δίπλα στο “Cuttable”.
- Αν είναι αναγκαίο, ενεργοποιήστε την εμφάνιση των προσκρούσεων στο τέμνον επίπεδο με το κουτί ελέγχου “Cut Collision”.
- Μπορείτε να καθορίσετε το χρώμα του τεμνόμενου επιπέδου με τη βοήθεια του πλαισίου επιλογής “Cut Colour”.



Μενού Λεπτομερειών  
(άνοιγμα με δεξί κλικ στην  
καρτέλα “Cut”)

### 2. Ενεργοποίηση του τέμνοντος πεδίου:

- Το μενού λεπτομερειών ανοίγει όταν κάνετε διπλό κλικ στην καρτέλα “Cutplane”. Ενεργοποιείτε ή απενεργοποιείτε το τέμνον επίπεδο με τη λειτουργία “Enable / Disable”.
- Η ίδια λειτουργία μπορεί επίσης να ενεργοποιηθεί μέσω του κουμπιού της γραμμής εργαλείων “Enable / Disable Cutplane”.
- Το τέμνον επίπεδο μπορεί επίσης να ενεργοποιηθεί και να απενεργοποιηθεί στο κουτί ελέγχου δίπλα στον κόμβο τέμνοντος επιπέδου.

### 3. Ευθυγράμμιση του τέμνοντος επιπέδου:

- Στην καρτέλα “Cut”, επιλέξτε το “cut plane node” κάνοντας κλικ πάνω του.
- Με τη βοήθεια του σύρτη, μπορείτε να ευθυγραμμίσετε το τέμνον επίπεδο εύκολα και γρήγορα στη σκηνή.
- Μπορείτε να τοποθετήσετε το τέμνον επίπεδο ακριβώς στο πλαίσιο διαλόγου Transform.

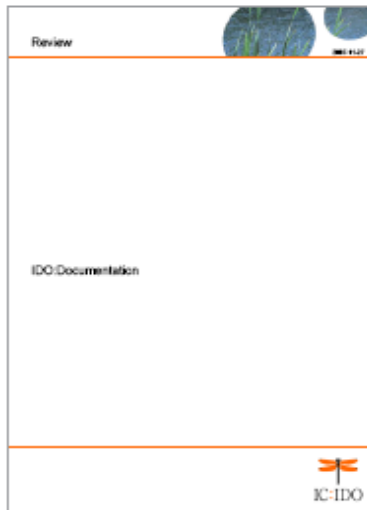
### Επιπλέον λειτουργίες τέμνοντος επιπέδου στο μενού λεπτομερειών:

- **Ρύθμιση στο XY:** προσανατολισμός του τέμνοντος επιπέδου στους άξονες X και Y
- **Ρύθμιση στο XZ:** προσανατολισμός του τέμνοντος επιπέδου στους άξονες X και Z
- **Ρύθμιση στο YZ:** προσανατολισμός του τέμνοντος επιπέδου στους άξονες Y και Z

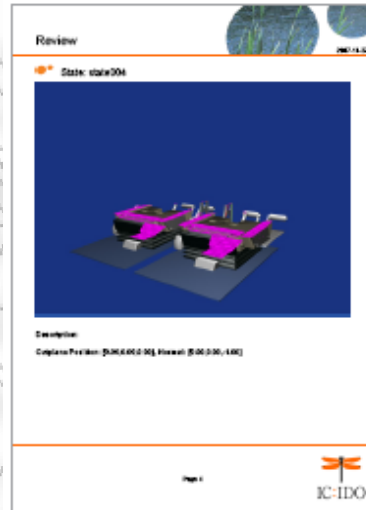
## Τεκμηρίωση

Οι αποθηκευμένες καταστάσεις συνεδρίας μπορούν να αποθηκευτούν σε μορφές PDF και HTML. Το αρχείο τεκμηρίωσης αποθηκεύεται με τη λειτουργία “Generate a State Description File” (ενεργοποίηση στη γραμμή εργαλείων Review). Καθορίζετε την τοποθεσία αποθήκευσης και το όνομα αρχείου του αρχείου τεκμηρίωσης σε ένα πλαίσιο διαλόγου αρχείου.

Δημιουργείται στην τεκμηρίωση μία σελίδα τίτλου που περιέχει το όνομα της συνεδρίας. Στις ακόλουθες σελίδες, κάθε κατάσταση συνεδρίας που παράγεται στην διευθύνων κατάσταση ταξινομείται με το αντίστοιχο στιγμιότυπο οθόνης και τις πληροφορίες κατάστασης συνεδρίας.

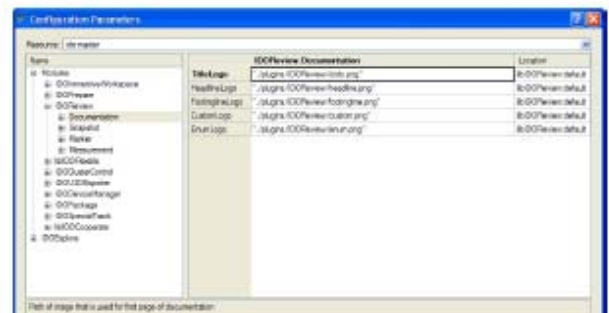


Σελίδα τίτλου



Τεκμηρίωση κατάστασης συνεδρίας

**Σημείωση:** τα λογογραφήματα στη σελίδα τίτλου και στις ακόλουθες σελίδες της τεκμηρίωσης μπορούν να αντικατασταθούν με τα δικά σας λογογραφήματα. Για να το πετύχετε, δημιουργήστε αρχεία γραφικών, για παράδειγμα σε μορφή png (μέγεθος 302 x 221 pixels, ανάλυση 300 pixels/ίντσα). Τα νέα αρχεία λογογραφήμάτων καθορίζονται μέσω των παραμέτρων διαμόρφωσης του “IDO:Review”.



Καθορισμός των αρχείων λογογραφήμάτων

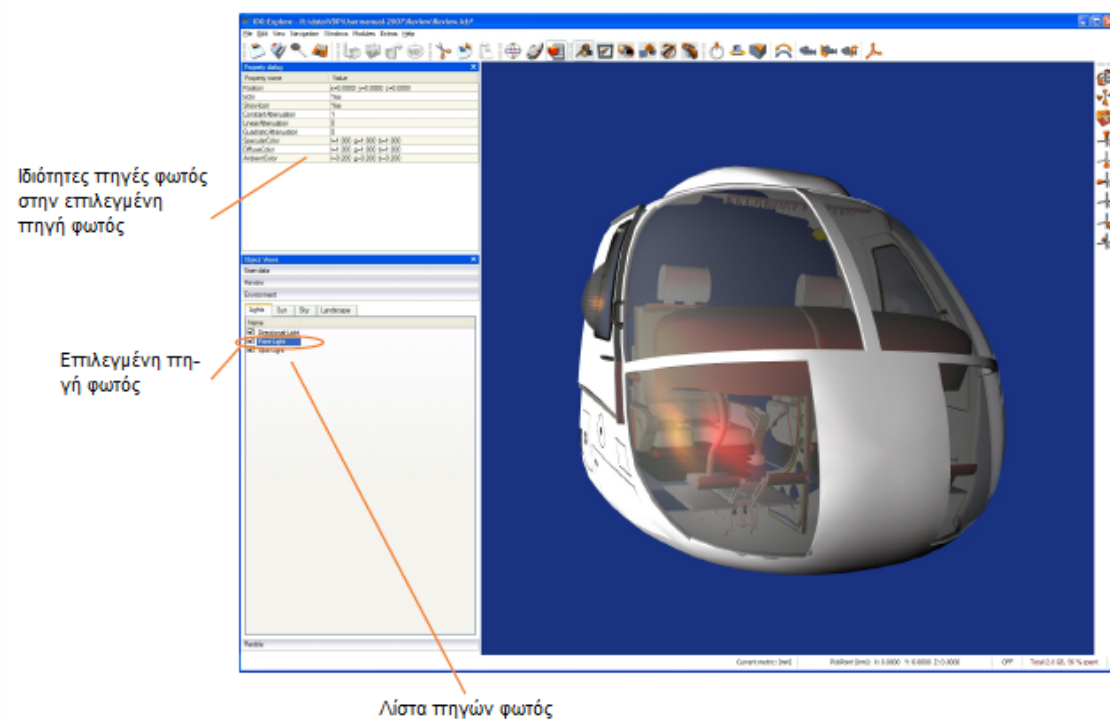
## Η περιοχή Περιβάλλοντος αντικειμένου

Στην καρτέλα “Environment”, μπορείτε να επεξεργαστείτε τις πηγές φωτός (“Lights”), την εξομοίωση της θέσης ηλίου (“Sun”), την εξομοίωση νεφών (“Sky”) και τον παραγωγό τοπίου (“Landscape”). Οι ανεξάρτητες λειτουργίες χωρίζονται στις δικές τους καρτέλες.

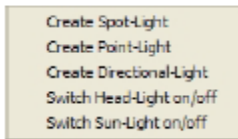
### Πηγές φωτός

Με τις λειτουργίες στην καρτέλα “Light” tab, μπορείτε να επεξεργαστείτε, να δημιουργήσετε και να απομακρύνετε πηγές φωτός. Διαθέσιμοι είναι τρεις τύποι πηγών φωτός: οι “Pointlight”, “Directional Light” και “Spotlight”.

Οι ανεξάρτητες πηγές φωτός ταξινομούνται στην καρτέλα “Light”. Οι ιδιότητες φωτός επεξεργάζονται στο πλαίσιο διαλόγου “Property dialog” της επιλεγμένης πηγής φωτός.



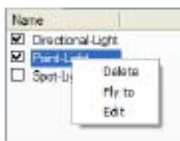
## Εφαρμογή πηγών φωτός στο 2DGUI



Μενού  
Λεπτομερειών  
(άνοιγμα με δεξί  
κλικ δίπλα στην  
πηγή φωτός)

Ανοίγει ένα μενού λεπτομερειών με τις ακόλουθες λειτουργίες όταν κάνετε δεξί κλικ δίπλα σε μία πηγή φωτός ή σε μία άδεια λίστα:

- **Create Spot-Light:** δημιουργείται ένα νέο φως spot στην κατεύθυνση προβολής της θέσης της κάμερας και περιλαμβάνεται ως ένας νέος κόμβος στη λίστα των πηγών φωτός και στη δομή δέντρου.
- **Create Point-Light:** δημιουργείται ένα νέο φωτισμένο σημείο στη θέση της κάμερας και περιλαμβάνεται ως ένας νέος κόμβος στη λίστα των πηγών φωτός και στη δομή δέντρου.
- **Create Directional-Light:** δημιουργείται ένα νέο κατευθυντήριο φως στην κατεύθυνση προβολής της θέσης της κάμερας και περιλαμβάνεται ως ένας νέος κόμβος στη λίστα των πηγών φωτός και στη δομή.



Μενού Λεπτομερειών  
(άνοιγμα με δεξί κλικ στην  
πηγή φωτός)

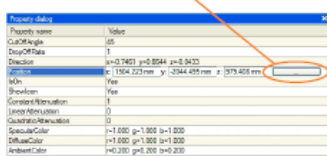
Ανοίγει ένα μενού λεπτομερειών με τις ακόλουθες λειτουργίες όταν κάνετε δεξί κλικ σε μία πηγή φωτός:

- **Delete:** διαγράφεται η επιλεγμένη πηγή φωτός.
- **Fly to:** η θέση προβολής μετακινείται στην επιλεγμένη πηγή φωτός.
- **Edit:** ανοίγει το πλαίσιο διαλόγου “Property dialog” για επεξεργασία των ιδιοτήτων φωτός.

## Ιδιότητες φωτός

Οι ιδιότητες φωτός καθορίζονται στο “Property dialog”. Για αυτό το λόγο, επιλέγετε μία πηγή φωτός από τη λίστα στην καρτέλα “Lights”. Με το “Edit” στο μενού λεπτομερειών, η συντόμευση πληκτρολογίου “Ctrl P” ή το κουμπί της γραμμής εργαλείων του “Property dialog”, ανοίγετε τις ιδιότητες φωτός στο “Property dialog”.

Ενεργοποίηση λειτουργίας επιλογής σημείου

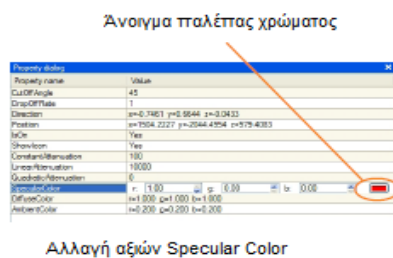


Ιδιότητες φωτός spot

### Οι ακόλουθες ιδιότητες φωτός είναι διαθέσιμες στο “Property dialog”:

- **CutOff Angle:** ρυθμίζει τη γωνία ανάδειξης φωτός μεταξύ 0 και 180 βαθμών (ρύθμιση μόνο για φως spot).
- **DropOff Rate:** παράγων εξασθένησης από το κέντρο της πηγής φωτός στο κώνο φωτός (ρύθμιση μόνο για φως spot).
- **Direction:** προσανατολισμός της πηγής φωτός. Κάνοντας κλικ στην περιοχή Value, μπορείτε να εισάγετε τις αξίες για τα X, Y και Z και εμφανίζεται ένα κουμπί για την ενεργοποίηση της λειτουργίας επιλογής σημείου.
- **Position:** θέση της πηγής φωτός μέσα στη σκηνή.

Κάνοντας κλικ στην περιοχή Value, μπορείτε να εισάγετε τις αξίες για τα X, Y και Z και εμφανίζεται ένα κουμπί για την ενεργοποίηση της λειτουργίας επιλογής σημείου.



Χρωματική παλέτα για αλλαγή χρωματικών αξιών

**IsOn:** ενεργοποιείτε την πηγή φωτός με το “Yes” στο κουτί επιλογής και την απενεργοποιείτε με το “No”.

• **ShowIcon:** εμφανίζετε το εικονίδιο της πηγής φωτός στη γεωμετρική προβολή με το “Yes” στο κουτί επιλογής και το αποκρύπτετε με το “No”.

• **ConstantAttenuation:** παράγοντας για συνεχόμενη μείωση της έντασης φωτός ανάλογα με την απόσταση.

• **LinearAttenuation:** παράγοντας για γραμμική μείωση της έντασης φωτός ανάλογα με την απόσταση.

• **QuadraticAttenuation:** παράγοντας για την τετράπλευρη μείωση της έντασης φωτός ανάλογα με την απόσταση.

• **Diffuse Color:** οι αξίες χρώματος RGB διάχυτου φωτός. Η κλίμακα αξιών είναι μεταξύ 0.000 και 1.000. Οι χρωματικές αξίες μπορούν επίσης να τροποποιηθούν κάνοντας κλικ στο χρωματικό κουτί με τη βοήθεια μίας χρωματικής παλέτας (το χρωματικό κουτί είναι διαθέσιμο κλικάροντας στο “DiffuseColor”).

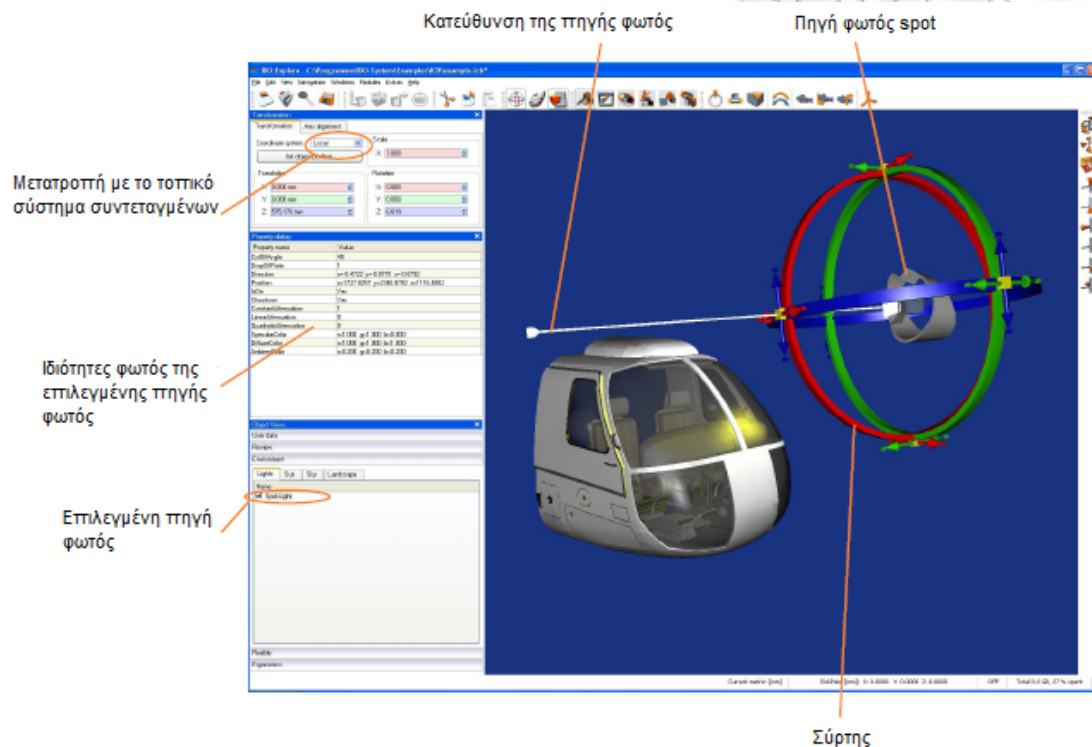
• **Ambient Color:** οι χρωματικές αξίες RGB του περιβάλλοντος φωτός.

• **Specular Color:** οι χρωματικές αξίες RGB του γυαλιστερού εφέ χρώματος.

## Θέση και προσανατολισμός των πηγών φωτός

Διάφορες πιθανότητες είναι διαθέσιμες για την τοποθέτηση των πηγών φωτός. Μπορείτε να τοποθετήσετε και να προσανατολίσετε μία πηγή φωτός γρήγορα και εύκολα με το σύρτη. Η ακριβής τοποθέτηση και προσανατολισμός είναι δυνατοί στο “Property dialog” και στο “Transform dialog”. Η λειτουργία σημείου επιλογής είναι επιπρόσθετα διαθέσιμη στο “Property dialog”.

**Σημείωση:** κατά τη διάρκεια της μετατροπής των πηγών φωτός, το σύστημα συντεταγμένων μπορεί να ρυθμιστεί ως “Local” στο “Transform dialog”.

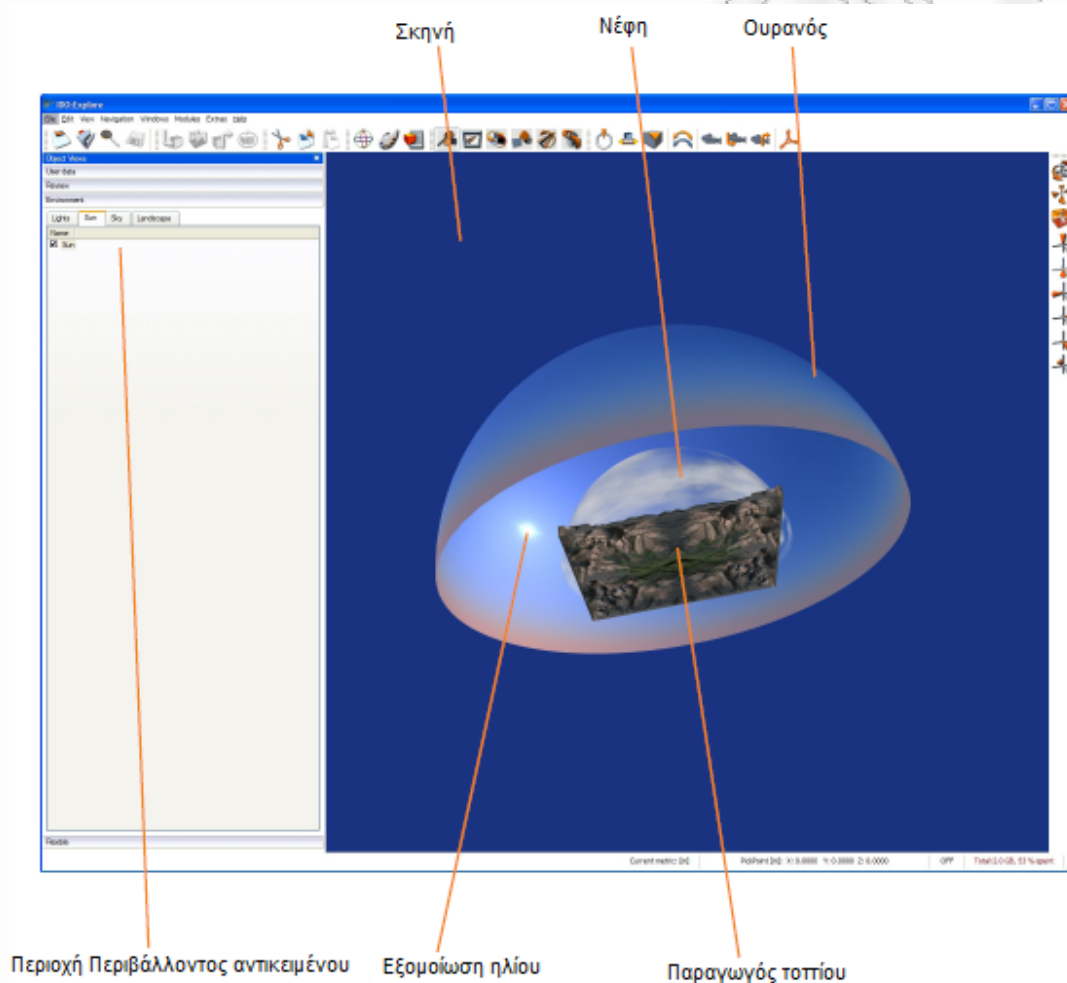


## Τοποθέτηση με τη λειτουργία επιλογής σημείου (παράδειγμα φωτός spot):

- Δημιουργήστε μία πηγή φωτός με το “Create Spot-Light”.
- Όταν δημιουργηθεί η πηγή φωτός, ανοίγει το “Property dialog”.
- Το κουμπί για τη λειτουργία επιλογής σημείου γίνεται ορατή όταν κάνετε κλικ στο “Position”.
- Πατήστε το κουμπί επιλογής σημείου (ο κέρσορας του ποντικιού αλλάζει σε σταυρό).
- Καθορίζετε τη θέση της πηγής φωτός επιλέγοντάς τη μέσα στη γεωμετρική προβολή.
- Το κουμπί για τη λειτουργία της επιλογής σημείου “Direction” γίνεται ορατή όταν κάνετε κλικ στο “Direction”.

- Πατήστε το κουμπί της επιλογής σημείου (ο κέρσορας ποντικίου αλλάζει σε σταυρό).
- Καθορίζετε την κατεύθυνση της πηγής φωτός επιλέγοντάς τη μέσα στη γεωμετρική προβολή. Το σύστημα παραγωγής περιβάλλοντος

Χρησιμοποιώντας τον παραγωγό περιβάλλοντος, παράγονται διάφορα περιβάλλοντα και εξομοιώτες στη σκηνή. Με το "Sun", παρουσιάζετε μία εξομοίωση ηλίου στο καθορισμένο περιβάλλον. Το "Sky" εξομοιώνει διαφορετικές καταστάσεις νεφών και στην καρτέλα "Landscape" μπορείτε να παράγετε μοντέλα τοπίου.

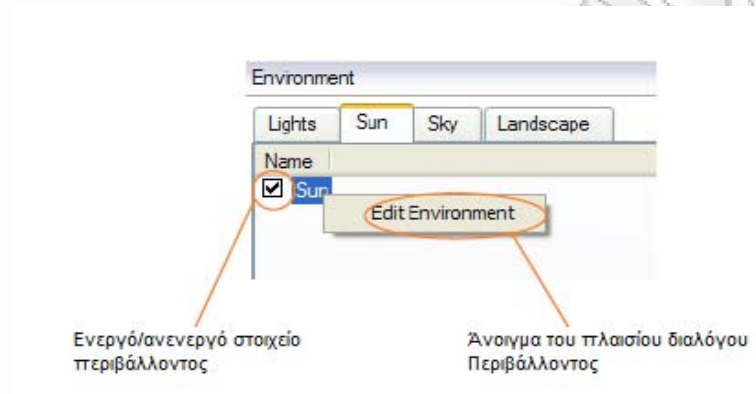


Οι ανεξάρτητες περιοχές των παραγωγών περιβάλλοντος παρουσιάζονται στη σκηνή ως ένας ανεξάρτητος θόλος (ουρανός) και ως ένας εσωτερικός θόλος (νέφη). Ο παραγωγός τοπίου τοποθετείται στο κέντρο του θόλου, που είναι προσανατολισμένο στο σημείο μηδέν της σκηνής.



Η καρτέλα περιβάλλοντος του συστήματος παραγωγής περιβάλλοντος

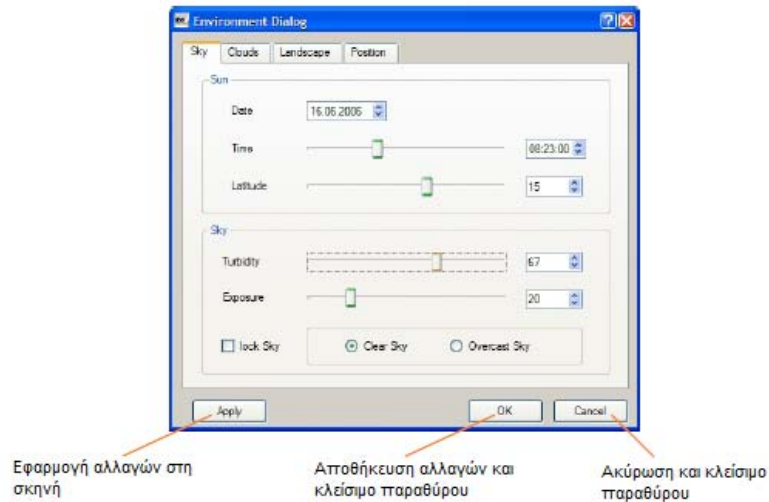
Οι λειτουργίες του παραγωγού περιβάλλοντος βρίσκονται στα “Sun”, “Sky” ή στην καρτέλα “Landscape”.



Σε αυτές τις καρτέλες, οι ανεξάρτητες περιοχές μπορούν να ενεργοποιηθούν ή να απενεργοποιηθούν στη σκηνή μέσω του κουτιού ελέγχου. Όταν ενεργοποιείτε το “Edit Environment” στο μενού λειτουργίας (άνοιγμα με δεξί κλικ στον κόμβο “Sun”, “Sky” ή “Landscape”), το πλαίσιο διαλόγου περιβάλλοντος ανοίγει σε νέο παράθυρο.

Το πλαίσιο διαλόγου περιβάλλοντος

Οι παράμετροι των ανεξάρτητων περιοχών του παραγωγού περιβάλλοντος καθορίζονται στο πλαίσιο διαλόγου περιβάλλοντος. Το πλαίσιο διαλόγου περιβάλλοντος περιέχει τις τέσσερις καρτέλες “Sky” (παράμετροι εξομοίωσης ηλίου και ουρανού), “Clouds” (παράμετροι νεφών), “Landscape” (παράμετροι παραγωγού τοπίου) και “Position” (θέση και τοποθεσία του περιβάλλοντος στη σκηνή). Οι λειτουργίες των κουμπιών “Apply”, “OK” και “Cancel” εφαρμόζονται σε όλες τις παραμέτρους στο πλαίσιο διαλόγου περιβάλλοντος. Όλες οι αλλαγές δε γίνονται ορατές στη σκηνή μέχρι να επιλέξετε το “Apply”.



### Εξομοίωση θέσης ηλίου

Η εξομοίωση θέσης ηλίου σας επιτρέπει να εξομοιώσετε την κατάσταση θέσης ηλίου μεταξύ του 70<sup>ου</sup> νότιου γεωγραφικού πλάτους και του 70<sup>ου</sup> βόρειου γεωγραφικού πλάτους στη γη. Η εξομοίωση εξαρτάται από στη σφαιρική θέση προβολής στο γεωγραφικό πλάτος, την επιλεγμένη ημερομηνία και τον επιλεγμένο χρόνο.



Οι ακόλουθες παράμετροι μπορούν να ρυθμιστούν:

- **Date:** εισαγωγή ημερομηνίας.
- **Time:** ώρα της ημέρας από 0 έως 24 ώρες.
- **Latitude:** γεωγραφικό πλάτος από -70 έως 70. Μία θετική αξία αντιστοιχεί σε ένα βόρειο γεωγραφικό πλάτος και μία αρνητική αξία σε ένα νότιο γεωγραφικό πλάτος.

### Εξομοίωση ουρανού

Η εξομοίωση ουρανού παρουσιάζεται στον εξωτερικό θόλο του παραγωγού περιβάλλοντος.

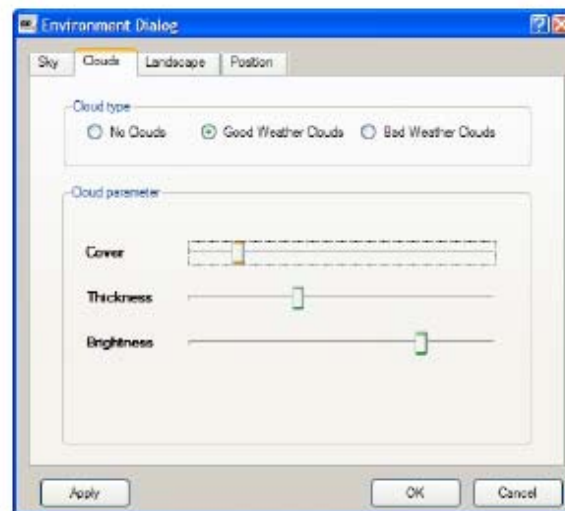


Οι ακόλουθες παράμετροι μπορούν να ρυθμιστούν:

- **Turbidity:** ρύθμιση παράγοντα θολότητας. Μία υψηλή αξία εξομοιώνει περισσότερη θολότητα ουρανού (κλίμακα από 0 έως 100%).
- **Exposure:** φωτεινότητα του ουρανού (κλίμακα από 0 έως 100%).
- **lock Sky:** ο ουρανός συνδέεται με τη θέση του θεατή. Μία αλλαγή στη θέση του θεατή οδηγεί στην αλλαγή του ουρανού και των νεφών.
- **Clear Sky:** εξομοίωση με ένα καθαρό ουρανό.
- **Overcast Sky:** εξομοίωση με συννεφιασμένο ουρανό.

### Εξομοίωση νεφών

Η εξομοίωση νεφών εμφανίζεται στον εσωτερικό θόλο του παραγωγού περιβάλλοντος.



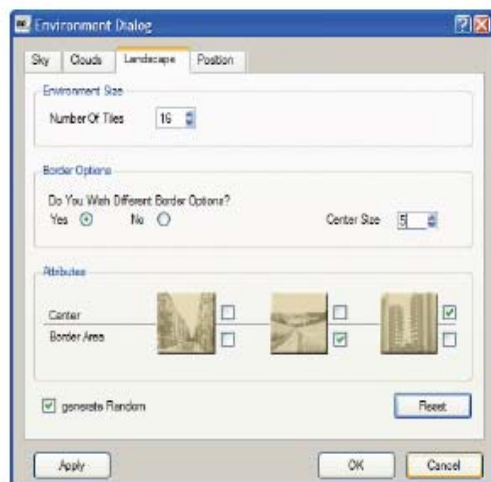
Οι ακόλουθες παράμετροι είναι διαθέσιμες:

- **No Clouds:** εξομοίωση χωρίς σύννεφα.

- **Good Weather Clouds:** εξομοίωση με σύννεφα και καλό καιρό.
- **Bad Weather Clouds:** εξομοίωση με σύννεφα και κακό καιρό.
- **Cover:** κάλυψη νεφών (κλίμακα από 0 έως 100%).
- **Thickness:** παράγοντας πυκνότητας νεφών (κλίμακα από 0 έως 100%).
- **Brightness:** φωτεινότητα νεφών (κλίμακα από 0 έως 100%).

Ο παραγωγός τοπίου

Με τον παραγωγό τοπίου, μπορείτε να συναρμολογήσετε μία περιοχή που αποτελείται από διάφορα τετράγωνα στοιχεία ("tiles"). Τα στοιχεία αποτελούνται από διάφορους τύπους που είναι τοποθετημένοι σε μία σειρά ελικοειδώς από τα μέσα προς τα έξω. Οι παράμετροι καθορίζονται στην καρτέλα "Landscape".



Πόλη χωρίς ουρανοξύστες



Τύπος τοπίου



Πόλη με ουρανοξύστες



Οι ακόλουθες παράμετροι είναι διαθέσιμες:

- **Number of Tiles:** αριθμός στοιχείων (στοιχεία κέντρου και ορίων).
- **Do You Wish Different Border Options:**

**Yes:** χρησιμοποιούνται επίσης τα «στοιχεία ορίων» ("border elements").

**No:** χρησιμοποιούνται μόνο τα «στοιχεία κέντρου» ("centre elements").

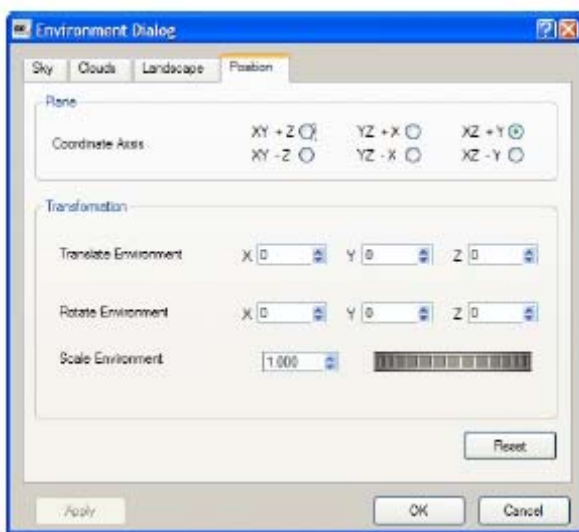
- **Center Size:** ο αριθμός των «στοιχείων κέντρου» (“centre elements”) (η διαφορά σε σχέση με το συνολικό αριθμό στοιχείων καλύπτεται με «στοιχεία ορίων» (“border elements”).
- **Attribute:** οι τύποι των στοιχείων κέντρου ή ορίων καθορίζεται σε αυτήν την περιοχή. Μπορείτε να επιλέξετε μεταξύ των τύπων “town without highrise” (πόλη χωρίς ουρανοξύστες), “landscape” (τοπίο) και “town with highrise” (πόλη με ουρανοξύστες). Στα κουτιά ελέγχου δίπλα στα εικονίδια, ο τύπος καθορίζεται στα “centre elements” ή στα “border elements”. Οι τύποι “town without highrise” και “town with highrise” μπορούν να συνδυαστούν.
- **generate Random:** τα στοιχεία κέντρου και ορίων στοιχίζονται σε τυχαία σειρά.
- **Reset:** αποκαθιστώνται οι προεπιλεγμένες ρυθμίσεις.

B11	B10	B9	B8
C5	C4	C3	B7
B1	C1	C2	B6
B2	B3	B4	B5

Ταξινόμηση των στοιχείων από τα μέσα προς τα έξω στην περίπτωση των 16 συνολικών στοιχείων με 5 στοιχεία κέντρου (C1 - C5) και 11 στοιχεία ορίων (B1 - B11).

## Τοποθέτηση περιβάλλοντος

Στην καρτέλα “Position”, μπορείτε να τοποθετήσετε το παραγόμενο περιβάλλον στη σκηνή.



Επισκόπηση των παραμέτρων:

- **Plane (επίπεδο):** καθορίζετε τον προσανατολισμό περιβάλλοντος στη σκηνή με την παράμετρο “Coordinate Axis”.

Ο προσδιορισμός των πρώτων δύο αξόνων καθορίζει τη θέση του επιπέδου και ο τρίτος άξονας καθορίζει τον προσανατολισμό του θόλου (για παράδειγμα,  $XY + Z$  : επίπεδο στους άξονες X και Y και προσανατολισμός του θόλου στην κατεύθυνση Z).

- **Transformation (μετατροπή):**

- **Translate Environment: X, Y, Z (μετάφραση περιβάλλοντος: X,Y,Z):**

Μετάφραση του αντίστοιχου άξονα σε μέτρα.

- **Rotate Environment (Περιστροφή περιβάλλοντος):**

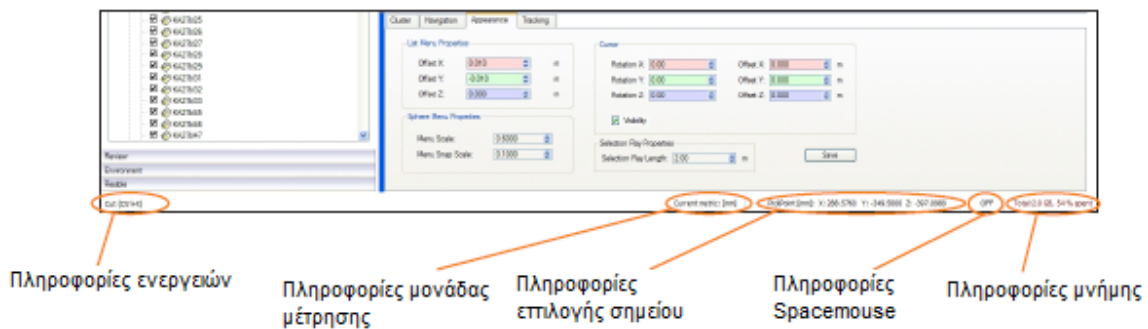
**X, Y, Z:** περιστροφή του αντίστοιχου άξονα σε μοίρες.

- **Scale Environment (διαβάθμιση περιβάλλοντος):** διαβάθμιση ολόκληρου του περιβάλλοντος στη σκηνή.

6

Η γραμμή πληροφοριών

Στη γραμμή πληροφοριών εμφανίζονται παρόντα συμβάντα και ρυθμίσεις.



Οι ακόλουθες πληροφορίες είναι διαθέσιμες:

- **Action information:** εμφανίζονται πληροφορίες σχετικά με μία επόμενη πιθανή ενέργεια, για παράδειγμα την επιλογή με το ποντίκι ενός στοιχείου μενού που μπορεί να εκτελεστεί.
- **Metric information:** εμφανίζεται η παρούσα μονάδα μέτρησης. Η εμφανιζόμενη μονάδα χρησιμοποιείται στην περίπτωση της μετάφρασης, για παράδειγμα.
- **Pickpoint information:** οι συντεταγμένες επιλογής σημείου που είναι σχετικές με το σημείο μηδέν της σκηνής. Οι αξίες εμφανίζονται στην παρούσα μονάδα μέτρησης.
- **Spacemouse information:** Τα “MOVE” ή “FLIGHT” εμφανίζουν τον τρόπο λειτουργίας πλοήγησης του spacemouse. Το “OFF” σημαίνει ότι δεν είναι συνδεδεμένο κάποιο εφαρμόσιμο spacemouse ή ότι το spacemouse είναι απενεργοποιημένο.
- **Memory information:** πληροφορίες της συνολικής μνήμης συστήματος (Total) και της μνήμης που χρησιμοποιείται προς το παρόν επί τοις εκατό. Όσον αφορά στην εκχώρηση μνήμης, τα επιπλέον δεδομένα, όπως η κατάτμηση, περιλαμβάνονται επίσης στο υπολογισμό.

7

Ιδιότητες και λειτουργίες των modules

Στο VDP software, οι ιδιότητες και λειτουργίες των modules παρέχονται στα πλαίσια διαλόγων “module dialogs”. Ανάλογα με το ποιο module έχει επιλεγεί, το πλαίσιο διαλόγου αλλάζει και οι ρυθμίσεις και λειτουργίες των modules μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να εφαρμοστούν στη σκηνή.



Επιλεγμένο module: Immersive Workspace



Πλαίσιο διαλόγου του module Immersive Workspace