

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**στην
ΝΑΥΤΙΛΙΑ**

**ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ
ΝΑΥΠΗΓΕΙΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΤΗΝ
ΓΛΩΣΣΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (VRML)**

Ιωάννης Α. Μπούτσικας

Διπλωματική Εργασία
Που υποβλήθηκε στο Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών
του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως μέρος των
απαιτήσεων για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού
Διπλώματος Ειδίκευσης στη Ναυτιλία

Πειραιάς

Δεκέμβριος 2009

Δήλωση Αυθεντικότητας

Το άτομο το οποίο εκπονεί την Διπλωματική εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού η οποία ορίζεται στην βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (εμπορικός, μη κερδοσκοπικός ή εκπαιδευτικός), της φύσης του υλικού, που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες ή χάρτες), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος, που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή στη γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου.

Εξεταστική Επιτροπή

Η παρούσα Διπλωματική εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίστηκε από τη ΓΣΕΣ του τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών Πανεπιστημίου Πειραιώς σύμφωνα με τον κανονισμό λειτουργίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών στην Ναυτιλία.

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Γεώργιος Βλάχος (Επιβλέπων)
- Κωνσταντίνος Γκιζιάκης
- Ερνέστος Τζανάτος

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

Ευχαριστίες

Κατά την διαδικασία εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας πολλοί ήταν εκείνοι που με βοήθησαν ώστε να καταλήξω στο τελικό αποτέλεσμα. Αρχικά Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή της εργασίας και καθηγητή μου στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ναυτιλία του Πανεπιστημίου Πειραιώς, Καθηγητή κ. Γεώργιο Βλάχο, για την αμέριστη συμπαράσταση και κατανόηση που έδειξε, καθώς επίσης και για την τεράστια συμβολή του ώστε να ξεπεραστούν κάθε είδους δυσκολίες κατά την διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας αλλά και κατά την διάρκεια φοίτησης μου στο Τμήμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ναυτιλία.. Τέλος θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την κατανόηση που έδειξε για την εκ μέρους μου μειωμένη αφοσίωση προς αυτούς ώστε να διεκπεραιωθεί η εργασία αυτή.

Πρόλογος

Στις μέρες μας, οι υπολογιστές αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της ζωής των ανθρώπων. Αρχικά εφευρέθηκαν για την εκτέλεση απλών υπολογισμών, όπως η πρόσθεση και η αφαίρεση. Σήμερα, επιλύουν εξαιρετικά περίπλοκους υπολογισμούς και προβλήματα, μπορούν να απομνημονεύσουν τεράστια μεγέθη δεδομένων και αποτελούν πολύτιμο εργαλείο όχι μόνο για τους επιστήμονες αλλά και για όλους τους ανθρώπους.

Ένα από τα δημιουργήματα των υπολογιστών, και κατ' επέκταση των ανθρώπων, είναι η Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality-ΕΠ). Ο όρος επινοήθηκε για τον προσδιορισμό ενός κόσμου ο οποίος δεν είναι πραγματικός, ούτε όμως και φανταστικός. Η ΕΠ αποτελεί το μέσο για την απεικόνιση και την αναπαράσταση κάθε είδους επιστημονικής μελέτης ή σχεδιασμού καθώς επίσης το μέσο για την προσομοίωση παραγωγικών διαδικασιών και τεχνικών εφαρμογών.

Η παρούσα εργασία, είναι μια προσπάθεια ώστε να δημιουργηθεί ένα είδος προβολής/παρουσίασης χρησιμοποιώντας εργαλεία ΕΠ. Η Εργασία περιλαμβάνει το σχεδιασμό και δημιουργία μια πλωτής δεξαμενής Ναυπηγείου μέσω της Γλώσσας Προγραμματισμού και Δημιουργίας Εικονικής Πραγματικότητας (VRML). Ο σκοπός είναι η δημιουργία ενός εικονικού μοντέλου πρωτοτυποποίησης της δεξαμενής και η διερεύνηση της αξίας της ΕΠ ως εκπαιδευτικό εργαλείο.

Prologue

Nowadays, computers are an integral part of the life of human beings. They were invented in the past to perform simple calculations such as addition and subtraction. At the present VR provides solutions to extremely complex calculations and tasks, can memorize huge amounts of data and is a valuable tool for scientists and engineers.

One of the creations of the computers and eventually of human beings is the Virtual Reality. This definition coined to give a name to a world that is neither real nor imagined. Virtual Reality can provide means for visualization or representation of any kind of design as well as to simulate production processes and engineering tasks.

This thesis was an effort to make such kind of virtual presentation using Virtual reality tools. The thesis involved the design of a Shipyard's floating dock model by means of Virtual Reality tools (VRML), so that to create a kind of virtual prototype model and to discuss whether can be used as an educational tool for Students.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	1
Κεφάλαιο 1: Εικονική Πραγματικότητα.....	4
1.1 Ορισμός της Εικονικής Πραγματικότητας.....	4
1.2.Ιστορικό Υπόβαθρο της Εικονικής Πραγματικότητας.....	6
1.3.Εφαρμογές της Εικονικής Πραγματικότητας.....	8
1.3.1 Εικονική Πρωτοτυποποίηση.....	9
1.3.2. Προσομοιωτές και κατάρτιση.....	10
1.3.3 Τηλεπαρουσία και τηλε-μεταφορά.....	10
1.3.4. Ενισχυμένη πραγματικότητα.....	12
1.4.Υλικός εξοπλισμός της Εικονικής Πραγματικότητας(VR Hardware).....	12
1.4.1. Γεννήτριες εικόνας (Image generators).....	12
1.4.2. Συσκευές χειρισμού και ελέγχου.....	13
1.4.3. Ανίχνευση θέσης.....	14
1.4.4. Κράνη εμπύθισης (Head Mounted Displays).....	14
1.5. Λογισμικός εξοπλισμός εικονικής πραγματικότητας (VR Software).....	15
1.5.1.Συστήματα σχεδιασμού μέσω υπολογιστών (CAD Systems).....	16
1.5.1.1 Συνεργασία συστημάτων CAD με συστήματα ΕΠ	16
1.5.2 Γλώσσα Προγραμματισμού και Δημιουργίας Εικονικής Πραγματικότητας (VRML).....	17
1.5.2.1. Τί είναι η VRML;.....	17
1.5.2.2. Ιστορία της VRML.....	19
1.5.3. Πώς λειτουργεί η VRML.....	20
1.5.3.1. Προβολή των κόσμων της VRML.....	20
1.5.3.2. Δημιουργία κόσμων VRML	21
1.5.3.2.1. Εργαλεία VRML.....	21
1.5.3.2.2. Το αρχείο VRML.....	22

1.5.3.2.3. Κεφαλίδα VRML.....	23
1.5.3.2.4. Σχόλια	23
1.5.3.2.5. Κόμβοι.....	24
1.5.3.2.5.1. Κόμβος σχημάτων.....	24
1.5.3.2.5.2. Κόμβος Μετασχηματισμού.....	25
1.5.3.2.5.3. Κόμβος Κειμένου.....	27
1.5.3.2.5.4. Κόμβος Κινοούμενης Εικόνας (animation).....	27
1.5.3.2.5.5. Κόμβοι Φωτισμού.....	28
1.5.3.2.5.6. Κόμβος Φόντου.....	29
1.5.3.2.5.7. Κόμβος Αισθητήρα Αφής (TouchSensor).....	29
1.6. Παραδείγματα εφαρμογών ΕΠ.....	30
1.7. Παραδείγματα εφαρμογών της ΕΠ στην Ναυτική Τεχνολογία.....	34
1.8. ΕΠ και Εκπαίδευση.....	36
1.9. Η Αξία της Εικονικής Πραγματικότητας.....	40
Κεφάλαιο 2: Δημιουργώντας το Εικονικό Ναυπηγείο.....	46
2.1. Η γενική διαδικασία.....	46
2.1.1 Η Αρχική σύλληψη του θέματος.....	46
2.1.2 Τα στάδια της διαδικασίας σχεδίασης και δημιουργίας.....	47
2.1.3 Τα «εργαλεία» που χρησιμοποιήθηκαν.....	47
2.2 Ο αρχικός σχεδιασμός.....	48
2.2.1 Από πού προήλθε η πλωτή δεξαμενή;.....	48
2.2.2 Λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν για την αρχική σχεδίαση της πλωτής δεξαμενής.....	49
2.3 Δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου της δεξαμενής.....	49
2.3.1. Γενική διαδικασία.....	49
2.3.2. Γιατί AutoCAD;.....	50
2.3.3. Χρήση Επιπέδων.....	51
2.3.4. Συνεργασία AutoCAD με 3D Studio Max	

(εξαγωγή σε 3D Studio Max).....	53
2.4. Από το σύστημα CAD στην Εικονική Πραγματικότητα.....	54
2.4.1. Μετατρέποντας το τρισδιάστατο μοντέλο σε κώδικα VRML.....	54
2.4.2. Παραγωγή του κώδικα της VRML.....	56
2.5. Διαχείριση και τροποποίηση του εικονικού περιβάλλοντος.....	57
2.5.1. Προσαρμόζοντας την δεξαμενή στην αρχική σκηνή.....	57
2.5.2. Φωτισμός του εικονικού περιβάλλοντος της δεξαμενής.....	58
2.5.3. Προσθέτοντας κείμενα εντός του εικονικού περιβάλλοντος.....	59
2.5.4. Δυναμικά χαρακτηριστικά.....	59
2.5.5. Αυτόματη περιήγηση (guided tour).....	60
Κεφάλαιο 3: Συμπεράσματα και θέματα προς συζήτηση.....	62
Παράρτημα.....	75
Βιβλιογραφία.....	81

Εισαγωγή

Στις μέρες μας, οι υπολογιστές αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της ζωής των ανθρώπων. Αρχικά εφευρέθηκαν για την εκτέλεση απλών υπολογισμών, όπως η πρόσθεση και η αφαίρεση. Σήμερα, επιλύουν εξαιρετικά περίπλοκους υπολογισμούς και προβλήματα, μπορούν να απομνημονεύσουν τεράστια μεγέθη δεδομένων και αποτελούν πολύτιμο εργαλείο όχι μόνο για τους επιστήμονες αλλά και για όλους τους ανθρώπους. Αποτελούν, επίσης, μέσο επικοινωνίας, ψυχαγωγίας και εκπαίδευσης, εξαλείφοντας τις περισσότερες από τις παραδοσιακές και συμβατικές ανθρώπινες δραστηριότητες του παρελθόντος. Μπορούν να κάνουν τα πάντα, πάντοτε όμως υπό την ανθρώπινη επίβλεψη, αφού δεν διαθέτουν την συλλογιστική δυνατότητα που κατέχει ο άνθρωπος. Έτσι μπορούν να θεωρηθούν ως πιστοί υπηρέτες των ανθρώπων.

Ένα από τα δημιουργήματα των υπολογιστών, και κατ' επέκταση των ανθρώπων, είναι η Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality-ΕΠ). Ο όρος επινοήθηκε για τον προσδιορισμό ενός κόσμου ο οποίος δεν είναι πραγματικός, ούτε όμως και φανταστικός. Είναι ένας κόσμος που δημιουργήθηκε από τις περίπλοκες διεργασίες που πραγματοποιούνται μέσα σε έναν υπολογιστή, ο οποίος κόσμος είναι δυνατόν να γίνει αντιληπτός από τους ανθρώπους. Είναι ένας τρόπος μέσω του οποίου ο άνθρωπος μπορεί να απεικονίσει, να χειριστεί και να αλληλεπιδράσει με τους υπολογιστές και με εξαιρετικά περίπλοκα δεδομένα. (Aukstakanlis & Blatner, 1992)

Η ΕΠ θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι δεν αποτελεί μια νέα τεχνολογία. Οι ρίζες της φθάνουν στην εποχή όπου οι αμυντικές/πολεμικές βιομηχανίες ανέπτυσαν συστήματα στρατιωτικής εκπαίδευσης. Τα συστήματα αυτά είναι οι περίφημοι προσομοιωτές πτήσεων και προσομοιωτές μάχης, οι οποίοι αποτελούν την διασημότερη εφαρμογή της ΕΠ ακόμα και σήμερα. Πιο πρόσφατα, η ταχύτατη τεχνολογική εξέλιξη επέτρεψε τη χρήση της ΕΠ σε πολλούς άλλους τομείς, όπως είναι οι ιατρικές εφαρμογές, η κατάρτιση και η εκπαίδευση των ανθρώπων, η βιομηχανία, ο μηχανολογικός σχεδιασμός και κάθε είδους κατασκευές. Γενικότερα, εφαρμογές της ΕΠ συναντώνται στους περισσότερους κλάδους των επιστημών και της εφαρμοσμένης μηχανικής.

Στην εφαρμοσμένη μηχανική, η ΕΠ προσφέρει τα μέσα για την ρεαλιστική απεικόνιση κάθε είδους σχεδίου καθώς επίσης και τα μέσα για την προσομοίωση της

παραγωγικής διαδικασίας, μεγάλων τεχνικών έργων και του κατασκευαστικού σχεδιασμού αυτών. Επιπλέον, μπορεί να προσφέρει εναλλακτικούς τρόπους περιγραφής και προβολής ενός προϊόντος, όπως γίνεται με την εικονική πρωτοτυποποίηση, κατά την διαδικασία του σχεδιασμού, της δοκιμής και της αξιολόγησης αυτού. Επίσης, είναι σε θέση να υποστηρίξει την αλληλεπιδραστική παρουσίαση ενός προϊόντος ή μιας διαδικασίας σχεδίασης με σκοπό να ενισχύσει τη συνεργασία των μηχανικών κατά την εκτέλεση μεγάλων τεχνικών έργων. Η ΕΠ αποτελεί ένα είδος εξέλιξης των ευρέως χρησιμοποιούμενων υπολογιστικών συστημάτων σχεδιασμού (*Computer Aided Design Systems-CAD Systems*), παρέχοντας επιπλέον τα κατάλληλα μέσα ώστε ο άνθρωπος να αλληλεπιδρά με τον υπολογιστή. Η τυπική εικονική-ρεαλιστική παρουσίαση ενός προϊόντος ή μιας εικονικής αναπαράστασης μιας παραγωγικής διαδικασίας, πάντα πριν το τελικό προϊόν, μπορεί να εντοπίσει σφάλματα τα οποία δεν θα μπορούσαν να ανιχνευθούν και να αποφευχθούν στην περίπτωση μιας πραγματικής παρουσίασης του τελικού προϊόντος. Η ΕΠ αποτελεί ένα διορατικό εργαλείο, το οποίο εξοικονομεί χρήματα και χρόνο ενώ παράλληλα βελτιώνει την εισροή πληροφοριών κατά την εκτέλεση οποιασδήποτε παραγωγικής διαδικασίας.

Η παρούσα εργασία επιχειρεί κατά κύριο λόγο μια θεωρητική προσέγγιση της ΕΠ. Πιο συγκεκριμένα, προσπαθεί στο να καταδείξει την αξία της ΕΠ στην επιστήμη και ειδικά στην εκπαίδευση, μέσω κυρίως των εφαρμογών που συναντώνται στη βιβλιογραφία και όχι μέσω επιστημονικής ανάλυσης κάποιων συμπερασμάτων. Ενδεχομένως τέτοια συμπεράσματα θα προέκυπταν από την εφαρμογή κάποιου πειράματος όσον αφορά στην αξιολόγηση της συμπεριφοράς του χρήστη και των εμπειριών που αποκόμισε μέσω της χρήσης ενός συστήματος ΕΠ. Όλα τα προαναφερθέντα καθώς επίσης και το γεγονός ότι η συγκεκριμένη εργασία αποδεικνύει επαρκώς μέσω της υφιστάμενης βιβλιογραφίας την αποτελεσματικότητα της ΕΠ στην εκπαιδευτική διαδικασία, καθιστούν την εργασία αυτή ως θεμέλιο για την διεξαγωγή μελλοντικά μιας πιο εμπειρισταωμένης έρευνας από κάποιον μεταπτυχιακό φοιτητή, έρευνα η οποία, κυρίως ως προς το πρακτικό της μέρος, θα βασίζεται στην πραγματοποίηση ενός πειράματος με σκοπό την εξαγωγή και την αξιολόγηση επιστημονικών συμπερασμάτων τα οποία θα καταδεικνύουν την αξία της ΕΠ.

Κάνοντας μια σύνοψη της παρούσας εργασίας, το *Κεφάλαιο 1* προβαίνει σε μια επαρκή επισκόπηση της υφιστάμενης βιβλιογραφίας που αφορά την ΕΠ μέχρι

σήμερα, ενώ ειδική μνεία γίνεται στις εφαρμογές αυτής στους περισσότερους κλάδους της επιστήμης και της εκπαίδευσης. Εν συνεχεία, γίνεται μια εκτενής αναφορά στην Γλώσσα Προγραμματισμού και Δημιουργίας Εικονικής Πραγματικότητας (VRML), η οποία χρησιμοποιήθηκε από τον συγγραφέα της εργασίας για την δημιουργία ενός εικονικού Μοντέλου Ναυπηγείου, ξεκινώντας από μια ιστορική αναδρομή αυτής και καταλήγοντας σε μια λεπτομερή περιγραφή της λειτουργίας της. Το *Κεφάλαιο 1* τελειώνει με μια αναλυτική επισκόπηση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων της Εικονικής Πραγματικότητας και γενικότερα των νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση.

Όσον αφορά το πρακτικό κομμάτι της εργασίας το οποίο παρουσιάζεται στο *Κεφάλαιο 2*, όντας εμπνευσμένο από τις εφαρμογές της ΕΠ που συναντώνται μέχρι σήμερα, γίνεται μια μικρής κλίμακας προσπάθεια δημιουργίας ενός εικονικού περιβάλλοντος, χρησιμοποιώντας διάφορα «ηλεκτρονικά εργαλεία». Περιλαμβάνει τον σχεδιασμό και τη δημιουργία ενός Εικονικού Μοντέλου Ναυπηγείου με μέσα Εικονικής Πραγματικότητας. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για τον σχεδιασμό και την δημιουργία μιας εικονικής πλωτής δεξαμενής ενός Ναυπηγείου με σκοπό να αναδειχθούν τα πλεονεκτήματα της χρήσης συστημάτων ΕΠ στην εκπαίδευση. Στην πραγματικότητα, πρόκειται για την μετατροπή των δισδιάστατων σχεδίων μιας πλωτής δεξαμενής, τα οποία δημιουργήθηκαν χρησιμοποιώντας υπολογιστικά συστήματα σχεδιασμού (Computer Aided Design Systems-CAD Systems), σε ένα τρισδιάστατο εικονικό μοντέλο της δεξαμενής χρησιμοποιώντας την γλώσσα προγραμματισμού και δημιουργίας εικονικής πραγματικότητας (Virtual Reality Modeling Language-VRML).

Βέβαια, ο αρχικός σκοπός της εργασίας ήταν η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου Εικονικού Ναυπηγείου (Ελληνικά Ναυπηγεία Σκαραμαγκά), προκειμένου ο χρήστης (π.χ. ένας φοιτητής του Ναυτιλιακού Τμήματος) να είναι σε θέση να αντιληφθεί τα κύρια μέρη και τη δομή του ναυπηγείου με έναν πιο ρεαλιστικό τρόπο από αυτόν που θα του προσέφεραν τα συμβατικά δισδιάστατα σχέδια ή ακόμα και οι στατικές εικόνες. Ωστόσο, λήφθηκε τελικά η απόφαση να γίνει σε θεωρητικό επίπεδο μια πιο εμπειριστατωμένη έρευνα για την ΕΠ (βιβλιογραφική έρευνα) και σε πρακτικό επίπεδο να περιοριστεί στη δημιουργία μιας εικονικής πλωτής δεξαμενής, τύπου αντίστοιχου με αυτού που συναντάται στα περισσότερα Ναυπηγεία του κόσμου, ελλείψει σημαντικών πληροφοριών σχετικών με τις διαστάσεις των εγκαταστάσεων και γενικότερα της χωροταξικής διάταξης του

συγκεκριμένου Ναυπηγείου. Ιδανικά θα μπορούσε αυτή η διπλωματική εργασία να αναφέρεται σε ένα ολοκληρωμένο «φανταστικό» Ναυπηγείο και όχι μόνο σε ένα μικρό τμήμα του, πράγμα όμως που θα κατέληγε σε μια πολύ μεγάλης έκτασης εργασία, δεδομένου ότι ακόμα και ένα «φανταστικό» ναυπηγείο απαιτεί για την δημιουργία του, εκτός από τις προαναφερθείσες ενέργειες, ειδικό χωροταξικό σχεδιασμό ο οποίος θα μπορούσε από μόνος του να αποτελέσει αντικείμενο διδακτορικής διατριβής. Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας, ο οποίος συνετέλεσε στο να μην δημιουργηθεί ένα ολοκληρωμένο «φανταστικό» Ναυπηγείο (αν και θα ήταν εφικτό να γίνει αυτό χωρίς χωροταξικό σχεδιασμό) είναι ότι ο φοιτητής δεν θα αποκόμιζε αντικειμενική και ξεκάθαρη εικόνα για το πώς θα πρέπει να είναι ένα Ναυπηγείο. Ένα πρόσθετο χαρακτηριστικό της παραπάνω εικονικής παρουσίασης αποτελεί η εισαγωγή δυναμικών χαρακτηριστικών (αυτόματη περιήγηση στην δεξαμενή, προβολή τρισδιάστατου κειμένου για τον προσδιορισμό των τμημάτων της δεξαμενής) προκειμένου να επιτευχθεί η αλληλεπίδραση με τον χρήστη. Το *Κεφάλαιο 2* λοιπόν αναφέρεται στην διαδικασία σχεδιασμού και δημιουργίας της Εικονικής πλωτής δεξαμενής, περιγράφοντας λεπτομερώς τις τεχνικές που προτείνονται ή χρησιμοποιήθηκαν καθώς και την μεθοδολογία που ακολουθήθηκε κατά την χρήση Γλώσσας Προγραμματισμού Εικονικής Πραγματικότητας (Virtual Reality Modeling Language-VRML).

Τέλος, στο *Κεφάλαιο 3*, γίνεται σύνοψη των γενικών συμπερασμάτων της βιβλιογραφίας σχετικής με την Εικονική Πραγματικότητα στον τομέα της εκπαίδευσης. Επιπλέον, υποδεικνύονται τρόποι χρήσης του εικονικού Ναυπηγείου ως εκπαιδευτικό εργαλείο σε τμήματα Ναυτιλιακών Σπουδών Πανεπιστημίων. Πιο συγκεκριμένα γίνεται μια θεωρητική προσέγγιση για το πώς μπορεί να συμβάλλει μια εικονική παρουσίαση στην σωστή σχεδίαση ενός Ναυπηγείου, παραθέτοντας ένα παράδειγμα για το πώς πρέπει να είναι χωροταξικά διευθετημένα τα τμήματά του (σχέση των τμημάτων μεταξύ τους) με σκοπό την εύρυθμη λειτουργία του και κατ' επέκταση την μείωση του κόστους κατά την παραγωγική διαδικασία. Επίσης, γίνεται προσπάθεια προσδιορισμού αποτελεσματικότερων επιστημονικών τρόπων για την κατάδειξη της εκπαιδευτικής αξίας του εικονικού Ναυπηγείου προτείνοντας θέματα μελλοντικών διπλωματικών εργασιών τα οποία θα μπορούσαν να αποτελέσουν μια λογική επιστημονική συνέχιση της παρούσας εργασίας. Τέλος, ο συγγραφέας προσπαθεί περισσότερο εμπειρικά να αναδείξει τα πλεονεκτήματα της εικονικής προβολής της πλωτής δεξαμενής συγκρίνοντάς την με άλλες παραδοσιακές μεθόδους

προβολής όπως είναι το σχέδιο και οι στατικές εικόνες. Έτσι παρέχεται παράλληλα στον αναγνώστη η δυνατότητα να κάνει χρήση (να περιηγηθεί εικονικά μέσα στην πλωτή δεξαμενή) αυτού του συστήματος ΕΠ, ώστε να είναι σε θέση να συγκρίνει τη συγκεκριμένη μέθοδο με άλλες παραδοσιακές μεθόδους προβολής της πληροφορίας, και τελικώς να βγάλει τα δικά του συμπεράσματα.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΧΩΝ

1

Εικονική Πραγματικότητα

1.1. Ορισμός της Εικονικής Πραγματικότητας

Συνήθως, η Εικονική Πραγματικότητα (ΕΠ) εκλαμβάνεται ως ένα μέσο ή εφεύρεση, όπως το τηλέφωνο και η τηλεόραση. Η νέα αυτή τεχνολογία εμπεριέχει ένα σύνολο τεχνολογικού υλικού εξοπλισμού ή συστημάτων, τα οποία περιλαμβάνουν υπολογιστές, κράνη με ειδικές οθόνες οι οποίες δένονται στο κεφάλι του χρήστη (Head Mounted Displays – HMD), ακουστικά και γάντια τα οποία αντιλαμβάνονται την κίνηση του χεριού (motion sensing gloves), κ.α. Για άλλους, ο όρος ΕΠ περιγράφει τα κοινά βιβλία, τις ταινίες ή την καθαρή φαντασία (Isdale, 1993). Κάποιες από τις προσπάθειες που έχουν γίνει μέχρι σήμερα για την αποσαφήνιση του ορισμού της ΕΠ, είναι οι εξής:

"Η Εικονική Πραγματικότητα είναι ένας τρόπος προκειμένου ο άνθρωπος να μπορέσει να απεικονίσει, να χειριστεί και να αλληλεπιδράσει με τους υπολογιστές και εξαιρετικά περίπλοκα δεδομένα". (Aukstakanlis και Blatner, 1992)

"Η Εικονική Πραγματικότητα είναι η ηλεκτρονική προσομοίωση περιβαλλόντων τα οποία γίνονται αντιληπτά μέσω κρανών εμπύθισης (Head-mounted displays) και ενδύσεως υψηλής τεχνολογίας (wire clothing), τα οποία επιτρέπουν στο χρήστη να αλληλεπιδρά σε ρεαλιστικές, τρισδιάστατες καταστάσεις και περιβάλλοντα". (Coates, 1992)

"Η εικονική πραγματικότητα είναι ένας εναλλακτικός κόσμος αποτελούμενος από εικόνες παραγόμενες από υπολογιστή, οι οποίες

αντιδρούν στις ανθρώπινες κινήσεις. Η περιήγηση σε αυτά τα προσομοιωμένα περιβάλλοντα γίνεται συνήθως με τη βοήθεια ενός ακριβούς εξοπλισμού, ο οποίος διαθέτει στερεοφωνικά γυαλιά προβολής, γάντια δεδομένων από οπτικές ίνες κλπ”. (Greenbaum, 1992)

“Η εικονική πραγματικότητα είναι μια επαναστατική τεχνολογία η οποία σε βυθίζει σε έναν κόσμο που έχει κατασκευαστεί από υπολογιστή (δωμάτιο, πόλη, ολόκληρο ηλιακό σύστημα, εσωτερικό του ανθρώπινου σώματος). Με τη βοήθεια ηλεκτρονικών υπολογιστικών γαντιών, ενός διαστημικού κράνους τύπου «πόλεμου των άστρων» και κάποιων εξεζητημένων πολύπλοκων λογισμικών, έχουμε πλέον τη δυνατότητα να εξερευνήσουμε την αχαρτογράφητη περιοχή της ανθρώπινης φαντασίας διατηρώντας άθικτες όλες μας τις αισθήσεις”. (Rheingold, 1991)

Ωστόσο, ορισμένοι, οι οποίοι θεωρούν τον όρο ΕΠ ως έναν οξύμωρο τρόπο περιγραφής της νέας αυτής τεχνολογίας, πρότειναν διαφορετικούς όρους για την ΕΠ, όπως συνθετικά περιβάλλοντα, κυβερνοχώρος, τεχνητή πραγματικότητα, τεχνολογία προσομοιωτών κ.λπ. Παρόλα αυτά, ο όρος ΕΠ παραμένει και επικρατεί ως ο κυρίαρχος και συνηθέστερος όρος ο οποίος έχει καθιερωθεί και στα μέσα μαζικής επικοινωνίας (Isdale, 1992).

Οι παραπάνω ορισμοί δεν εξυπηρετούν τη θεωρητική ανάλυση του όρου καθώς στηρίζονται περισσότερο σε ένα συγκεκριμένο σύνολο υλικού εξοπλισμού παρά σε ένα συγκεκριμένο είδος ανθρώπινης εμπειρίας, και επομένως οι εφαρμογές τους περιορίζονται στο συγκεκριμένο υλικό σύνολο. Ο εν λόγω τρόπος ορισμού της ΕΠ είναι χρήσιμος και εκφράζει αποκλειστικά τους δημιουργούς λογισμικών συστημάτων ΕΠ. Σε αυτή την περίπτωση η ΕΠ εξετάζεται μόνον ως τεχνολογικό εργαλείο κάνοντας τους επικοινωνιολόγους, τους υπεύθυνους ανάπτυξης λογισμικών ΕΠ, τους αρμόδιους προώθησης αυτών αλλά και τους ίδιους τους καταναλωτές/χρήστες των μέσων αυτών να αντιλαμβάνονται τον ορισμό της ΕΠ ως μια δομική τεχνολογική έννοια. Αυτό συμβαίνει γιατί ο τεχνολογικός ορισμός της ΕΠ δεν είναι σε θέση να προβλέψει τις πιθανές επιδράσεις της χρήσης αυτών των συστημάτων στον άνθρωπο. Ομοίως, δεν δύναται να καταστήσει τη φύση της ΕΠ κατανοητή στους καταναλωτές και δεν προσφέρει καμιά αισθητική προσέγγιση βάσει

της οποίας θα μπορούσε να δημιουργηθεί ένα τέτοιο προϊόν ως μέσο επικοινωνίας (Steuer, 1992).

Μια προσπάθεια ορισμού της ΕΠ βασισμένη κατά κύριο λόγο στην ανθρώπινη εμπειρία παρά στο τεχνολογικό και υλικό εξοπλισμό από το οποίο μπορεί να αποτελείται ένα σύστημα ΕΠ, επιχειρήθηκε από τον Jonathan Steuer. Ο Steuer προσπαθεί να ορίσει την ΕΠ, έχοντας ως βασική αρχή σε αυτή του την προσπάθεια η οποία και τον επηρέασε στο τελικό συμπέρασμά του, την έννοια της ανθρώπινης παρουσίας. Σύμφωνα με αυτόν τον ερευνητή, η ανθρώπινη παρουσία μπορεί να οριστεί ως η αίσθηση παρουσίας σε ένα περιβάλλον (Steuer, 1992).

Ωστόσο, ο συγκεκριμένος ορισμός αναφέρεται σε ένα φυσικό περιβάλλον, όπου η ανθρώπινη παρουσία είναι άμεση. Στην περίπτωση κατά την οποία το φυσικό αυτό περιβάλλον έχει δημιουργηθεί από ένα συγκεκριμένο υλικό και τεχνολογικό εξοπλισμό, η ανθρώπινη παρουσία γίνεται έμμεση. Κατά συνέπεια, ο όρος πλέον που χρησιμοποιείται για την περιγραφή αυτού του είδους παρουσίας είναι αυτός της «τηλεπαρουσίας», ο οποίος ορίζεται ως η εμπειρία της παρουσίας σε ένα περιβάλλον μέσω ενός μέσου επικοινωνίας.

Λαμβάνοντας υπόψη τον όρο τηλεπαρουσία, ο Steuer ορίζει την ΕΠ ως ένα πραγματικό ή προσομοιωμένο περιβάλλον εντός του οποίου ο παρατηρητής βιώνει μια κατάσταση τηλεπαρουσίας. Τέλος, συμπληρώνει ότι αυτό το είδος ορισμού της ΕΠ (δηλ. ο μη ορισμός της ΕΠ ως τεχνολογικού εργαλείου) δημιουργήθηκε λαμβάνοντας υπόψη κυρίως την ζωντάνια με την οποία βιώνουν οι άνθρωποι ένα τέτοιου είδους περιβάλλον αλλά και την δυνατότητα αλληλεπίδρασης των ανθρώπων που συμμετέχουν σε αυτό.

1.2. Ιστορικό Υπόβαθρο της Εικονικής Πραγματικότητας

Η ιστορία της ΕΠ είναι πολύ παλιά και τις ρίζες της τις βρίσκει κανείς στις έρευνες προσομοίωσης που έλαβαν χώρα στις ΗΠΑ το 1929. Τη χρονιά αυτή εγκαινιάστηκε η πρώτη εκπαιδευτική συσκευή προσομοίωσης πτήσεων με το όνομα *Link Trainer*. Το 1931, δημιουργήθηκε το νέο, πλήρως εξοπλισμένο *Link Trainer* για να καλύψει τις ανάγκες της αεροπορίας του Αμερικανικού Πολεμικού Ναυτικού. Αυτός ο συγκεκριμένος τύπος ΕΠ υιοθετήθηκε γενικότερα από την κυβέρνηση των ΗΠΑ ως βασικό εργαλείο στρατιωτικής εκπαίδευσης και κατάρτισης, τόσο κατά την διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου όσο και σε μεταγενέστερη περίοδο.

Οι έρευνες για την εικονική πραγματικότητα ξεκινούν ουσιαστικά το 1966. Τη χρονιά αυτή, ο μηχανικός ηλεκτρονικών υπολογιστών Ivan Sutherland, δημοσίευσε την εργασία του με την ονομασία “*The Ultimate Display*” (“*Η Απόλυτη Οθόνη*”) προκειμένου να περιγράψει το πρώτο μονοφωνικό κράνος που έφερε οθόνη και μπορούσε πολύ εύκολα να προσαρμοστεί στο κεφάλι ενός ανθρώπου. Παραθέτοντας ένα απόσπασμα από την εργασία του, υποστήριξε ότι:

“Μηχανές οι οποίες θα μπορούν να έχουν την ικανότητα της αίσθησης και οι οποίες θα είναι σε θέση να ερμηνεύουν τις πληροφορίες της κίνησης του ματιού ή και άλλων σημείων του σώματος, μπορούν και δύνανται να δημιουργηθούν. Απομένει να αποδειχθεί το εάν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μια μέθοδο με την οποία θα μπορούμε μόνο με το βλέμμα μας να ελέγξουμε έναν υπολογιστή. Ένα ενδιαφέρον πείραμα θα ήταν να κάνουμε την προβολή μιας παρουσίας, άμεσα εξαρτώμενη από το σημείο το οποίο κοιτάζουμε”. (Sutherland, 1966)

Έχοντας ως βασική του αρχή την παραπάνω του δήλωση ο Sutherland, το 1970 στο Πανεπιστήμιο της Γιούτα εξέλιξε περαιτέρω τεχνολογικά το παραπάνω κράνος και το ονόμασε *οθόνη προσαρμοσμένη στο κεφάλι (HMD-Head Mounted Display)*. Το *HMD* παρήγαγε πλέον όχι μονοφωνικές αλλά στερεοφωνικές εικόνες. Το 1976, ο Myron Krueger ανέπτυξε την πρώτη μορφή συνεργατικής εργασίας μέσω υπολογιστών (Ishii, 1992). Ο Krueger ονόμασε το δημιούργημά του *VIDEOPLACE* και επινόησε τον όρο τεχνητή πραγματικότητα. Για τη λειτουργία του *VIDEOPLACE*, τοποθετήθηκε μια μεγάλη οθόνη μπροστά στο χρήστη. Στην οθόνη αυτή, εμφανιζόταν μια σκιά του χρήστη, δημιουργώντας ένα είδος εικονικού περιβάλλοντος.

Την επόμενη δεκαετία ο στρατός των ΗΠΑ συνέχισε να αναπτύσσει τα πλεονεκτήματα της ΕΠ και το 1982, ο Thomas Furness δημιούργησε για την αμερικανική αεροπορία ένα *HMD* μεγάλης ανάλυσης μέσω του οποίου ο χρήστης είχε τη δυνατότητα να δει μια συμβολική απεικόνιση του κόσμου με μεγάλη λεπτομέρεια.

Έτος σταθμός για την ΕΠ υπήρξε το 1984, όταν οι Michael McGreevy και Stephen Ellis του Ερευνητικού κέντρου Ames της NASA, δημιούργησαν την Οθόνη Εικονικού Οπτικού Περιβάλλοντος (*Virtual Visual Environment Display*). Αυτή η

οθόνη (HMD) δημιουργήθηκε από οθόνες υγρών κρυστάλλων (LCD) και υπήρξε το πρώτο σύστημα ΕΠ που δημιουργήθηκε με χρήση φθηνής τεχνολογίας (λιγότερα από \$2000).

Μετά από αυτό, όλο και περισσότεροι διέκριναν τις δυνατότητες της ΕΠ και οι έρευνες για την αξία της αλλά και για τα πεδία εφαρμογής της είχαν ήδη αρχίσει. Όλο και περισσότερες μικρές εταιρίες άρχισαν να κατασκευάζουν υλικό εξοπλισμό ΕΠ και πλέον ήταν δυνατό να αγοράσει κανείς από έναν υπολογιστή, ένα HMD και γάντια αίσθησης, έως και πλήρη συστήματα ΕΠ τα οποία περιλάμβαναν όλον τον παραπάνω υλικό εξοπλισμό.

Έως την περίοδο αυτή, οι περισσότερες προσπάθειες ήταν επικεντρωμένες στην έρευνα και δημιουργία υλικού εξοπλισμού ΕΠ. Επομένως, οι περισσότερες από τις εφαρμογές αφορούσαν κυρίως στη δομή και λειτουργία αυτού του υλικού. Η διαθεσιμότητα των εργαλείων ΕΠ έδωσε τη δυνατότητα σε άλλους ερευνητές να χρησιμοποιήσουν την ΕΠ για συγκεκριμένους σκοπούς. Σήμερα, οι εφαρμογές της ΕΠ καταλαμβάνουν ένα ευρύ πεδίο εφαρμογής το οποίο περιλαμβάνει απλά παιχνίδια έως και τον αρχιτεκτονικό και επιχειρηματικό σχεδιασμό (Brijs, 1992; Ribarsky, 1994).

Ωστόσο, όσες έρευνες και εφαρμογές είχαν διεξαχθεί έως τότε, δεν έδωσαν ιδιαίτερη έμφαση στη σχέση του ανθρώπου με την ΕΠ. Οι έρευνες αυτές εκπονήθηκαν προκειμένου να δοκιμάσουν ένα συγκεκριμένο υλικό, να εκτελέσουν μια συγκεκριμένη εργασία ή να ελέγξουν τη χρήση της ΕΠ γενικότερα. Σήμερα, όλο και περισσότερα πειράματα διεξάγονται από αρκετούς επιστήμονες προκειμένου να ερευνηθούν οι επιπτώσεις της χρήσης συστημάτων ΕΠ επάνω στον άνθρωπο.

1.3. Εφαρμογές της Εικονικής Πραγματικότητας

Η εικονική πραγματικότητα είναι η αλληλεπίδραση του ανθρώπου με τρισδιάστατους (3D) κόσμους και προσφέρει στο χρήστη τη δυνατότητα προσομοίωσης. Η προσομοίωση επιτρέπει στο χρήστη να εκτελεί εργασίες σε απομακρυσμένα περιβάλλοντα ή περιβάλλοντα που έχουν δημιουργηθεί στον υπολογιστή, ή σε συνδυασμό και των δύο. Τα προσομοιωμένα αυτά περιβάλλοντα δεν υπακούουν υποχρεωτικά στους φυσικούς κανόνες συμπεριφοράς. Γενικότερα, λαμβάνοντας υπόψη το σκοπό τον οποίο εξυπηρετεί η χρήση ενός συστήματος ΕΠ και το τι είδος συστήματος ΕΠ χρησιμοποιείται, μπορούμε να προσδιορίσουμε

ορισμένα από τα πεδία εφαρμογής της ΕΠ. Συνοψίζοντας, τα εμφανέστερα και σημαντικότερα πεδία εφαρμογής της ΕΠ είναι ως εξής:

1.3.1 Εικονική Πρωτοτυποποίηση

Πολύ συχνά, σε μεγάλα συλλογικά κατασκευαστικά έργα συμμετέχει ένα μεγάλο πλήθος μηχανικών και σχεδιαστών, οι οποίοι προέρχονται πολύ συχνά από διαφορετικές χώρες. Οι αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν κατά την διάρκεια τέτοιων μεγάλων έργων είναι ζωτικής σημασίας. Αυτό συμβαίνει, γιατί κάθε εσφαλμένη απόφαση η οποία είναι πιθανόν να ληφθεί μεταξύ τους μπορεί να έχει δραματικές επιπτώσεις στη διαδικασία υλοποίησης του έργου, στην ποιότητα του τελικού προϊόντος του έργου καθώς επίσης και στο χρονοδιάγραμμα αποπεράτωσης αυτού αλλά και το κόστος αυτού. Η ΕΠ χρησιμοποιείται αρκετά συχνά σε μεγάλα τεχνικά κατασκευαστικά έργα που συναντώνται σε πολλούς επιστημονικούς κλάδους, όπως είναι η αεροναυπηγική, η μηχανολογία, οι αυτοκινητοβιομηχανίες, η αρχιτεκτονική, η κατασκευή κτιρίων κλπ. Επίσης συναντάμε πολλές εφαρμογές ΕΠ και σε πρώιμα στάδια κατασκευαστικών έργων και πιο συγκεκριμένα εφαρμογές που έχουν να κάνουν με το σχεδιασμό των ίδιων των έργων, με παράδειγμα τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και το σχεδιασμό μιας παραγωγικής διαδικασίας με πιο ζωντανό παράδειγμα την εικονική πρωτοτυποποίηση. Η εικονική πρωτοτυποποίηση επιτρέπει στους σχεδιαστές και σε όσους εμπλέκονται σε τέτοιου είδους έργα να δοκιμάσουν να ελέγξουν και να βελτιώσουν το προϊόν τους πριν από την ολοκλήρωση της παραγωγής αυτού του προϊόντος, ή πριν καν αρχίσει η παραγωγή του, όπως ακριβώς θα έκαναν αν χρησιμοποιούσαν υλικές μακέτες ή ακόμη και αν χρησιμοποιούσαν το ίδιο το προϊόν το οποίο θέλουν να παράγουν. Επιπλέον, μπορούν να πετύχουν καλύτερα, ταχύτερα και φθηνότερα αποτελέσματα, κάνοντας την συνεργασία μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων πλευρών-τομέων του αναληφθέντος έργου πολύ πιο γρήγορη, πιο αποτελεσματική και πιο εύκολη.

Το καλύτερο παράδειγμα εικονικής πρωτοτυποποίησης, και επομένως η επιτυχέστερη εφαρμογή της ΕΠ, είναι η περιήγηση στην αρχιτεκτονική των κτιρίων. Αυτό το είδος εικονικής πρωτοτυποποίησης επιτρέπει στον αρχιτέκτονα να κατασκευάσει και να παρουσιάσει στον πελάτη του μέσω ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή ένα τρισδιάστατο πρωτότυπο κτιρίου πριν καν αυτό αρχίσει να κατασκευάζεται, διευκολύνοντας και επιταχύνοντας τις αποφάσεις που απαιτούνται

για την υλοποίηση της κατασκευής του από την μεριά των κατασκευαστών, αλλά δίνει και την δυνατότητα στον πελάτη (ιδιοκτήτη του σπιτιού) να έχει μια ρεαλιστική άποψη του κτιρίου του, ούτως ώστε να κάνει τις απαραίτητες παρεμβάσεις με σκοπό την όσο το δυνατόν ποιοτικότερη τελική μορφή του κτιρίου .

Η εικονική πρωτοτυποποίηση παίζει επίσης σημαντικό ρόλο και κατά τη διαδικασία δοκιμής ενός έργου. Προκειμένου να ξεπεραστούν τα προβλήματα που προκύπτουν από τα χαμηλά επίπεδα αλληλεπίδρασης και τους σχεδιαστικούς περιορισμούς που παρουσιάζουν τα υφιστάμενα παραδοσιακά συστήματα σχεδίασης είτε με το χέρι είτε με τη βοήθεια των υπολογιστών (*CAD systems*), οι υπεύθυνοι μεγάλης έκτασης κατασκευαστικών έργων χρησιμοποιούν διάφορες μορφές εικονικής πρωτοτυποποίησης. Παραδείγματα χρήσης τέτοιων μορφών ΕΠ αναλύονται στο 2^ο Κεφάλαιο.

1.3.2. Προσομοιωτές και κατάρτιση

Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της ΕΠ είναι ότι ο χρήστης μπορεί να αποκτήσει γνωστικές και κινητικές ικανότητες ερχόμενος σε άμεση επαφή με τον εικονικό κόσμο των συστημάτων ΕΠ. Αυτή η άμεση επαφή-αλληλεπίδραση επιτυγχάνεται μέσω διαφόρων αισθήσεων, όπως η όραση. Σε πολλές περιπτώσεις, η εμπειρία που αποκτήθηκε στο εικονικό περιβάλλον, σχεδόν ταυτίζεται με αυτή που αποκτάται σε ένα πραγματικό περιβάλλον με την μόνη διαφορά ότι η χρήση τέτοιων συστημάτων δεν έχουν επιπτώσεις στον πραγματικό περιβάλλον. Όλα τα παραπάνω στοιχεία αποτέλεσαν την βάση και κατ' επέκταση συνέβαλλαν στη δημιουργία προσομοιωτών και συστημάτων εκπαίδευσης και κατάρτισης. Τέτοιου είδους συστήματα συναντώνται σε πολλούς τομείς όπως στην έρευνα, στις βιομηχανικές εφαρμογές, στην ιατρική ακόμα και σε πολεμικές εφαρμογές. Τρανταχτά παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι οι προσομοιωτές πτήσεως και οι προσομοιωτές οδήγησης. Τα τελευταία χρόνια, η εικονική προσομοίωση συναντάται και σε ιατρικές εφαρμογές και πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται για την εικονική χειρουργική προσομοίωση ιατρών σε επεμβάσεις όπως είναι η λαπαροσκόπηση κλπ. Τα συστήματα αυτά ιατρικής προσομοίωσης έχουν «χαρακτηριστεί και ως προσομοιωτές πτήσεως ιατρών» (Vozenilek et all, 2006)

1.3.3 Τηλεπαρουσία και τηλε-μεταφορά

Σε εχθρικά προς τον άνθρωπο περιβάλλοντα, όπως ένα εργοστάσιο πυρηνικής ενέργειας που έχει υποστεί βλάβη ή το διάστημα, είναι αδύνατη η εκτέλεση κάθε είδους εργασιών. Ωστόσο, ως άμεση λύση στο προβλημάτων θα μπορούσε να ήταν η χρήση ενός ρομπότ. Εντούτοις, είναι αβέβαιο, τουλάχιστον μέχρι σήμερα, ότι τα ρομπότ θα έχουν τη νοημοσύνη να ενεργήσουν ανεξάρτητα, χωρίς την παρέμβαση κάποιου χειριστή.

Η τηλεπαρουσία επιτρέπει την προσομοίωση της παρουσίας ενός χειριστή σε ένα απομακρυσμένο και εχθρικό για αυτόν περιβάλλον, προκειμένου να φέρει εις πέρας οποιαδήποτε εργασία μέσα στο ίδιο περιβάλλον (Tezuka et al., 1994). Στην ουσία έχουμε να κάνουμε με εργασίες που διεξάγονται μέσω του τηλεχειρισμού και ελέγχου απομακρυσμένων ρομπότ, αλλά με την μεγάλη διαφορά ότι η ΕΠ παρέχει στον χειριστή πολλαπλές πληροφορίες του περιβάλλοντος με ποικίλους τρόπους και κάνουν τον χειριστή να αισθάνεται ότι βρίσκεται και δουλεύει ο ίδιος μέσα σε αυτό το απομακρυσμένο και εχθρικό περιβάλλον. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να ρυθμιστούν και να τροποποιηθούν εύκολα, ανάλογα με τις προτεραιότητες και απαιτήσεις του χρήστη αλλά και με τις απαιτήσεις της ίδιας της εργασίας της οποίας η έκβαση πρέπει να είναι για όλους τους εμπλεκόμενους ενθαρρυντική. Ο χειριστής μπορεί να ερευνήσει το περιβάλλον της εργασίας από πολλές οπτικές γωνίες μέσω καμερών οι οποίες είναι προσαρμοσμένες μέσα στο περιβάλλον εργασίας ή ακόμα και πάνω σε ρομπότ (Isdale, 1993). Ένα άλλο είδος εφαρμογής τηλεπαρουσίας το οποίο εφαρμόζεται κατά κόρον στην ιατρική χειρουργική στις ημέρες μας είναι η εκτέλεση απομακρυσμένων επεμβάσεων, τις οποίες τα ρομπότ δεν μπορούν να πραγματοποιήσουν αυτόνομα. Σε αυτή την περίπτωση ο χειριστής έρχεται σε άμεση αλληλεπίδραση με την εργασία και τον έλεγχο αυτής υπό την έννοια ότι έχει επαρκή αισθητική ανατροφοδότηση του πραγματικού απομακρυσμένου περιβάλλοντος προς το περιβάλλον το οποίο εργάζεται προκειμένου να προσεγγίσει όσο το δυνατόν το επίπεδο πραγματικής παρουσίας στο περιβάλλον εργασίας. λ.χ. κατά τη διάρκεια μιας λεπτής χειρουργικής επέμβασης η οποία απαιτεί απομόνωση του περιβάλλοντος του ασθενή, μια κίνηση του χειριστή χειρουργού αντιστοιχεί στην ίδια ακριβώς κίνηση του βραχίονα του ρομπότ που στην πραγματικότητα εκτελεί την επέμβαση. Πρέπει να τονίσουμε το γεγονός ότι τα προηγμένα πλέον σήμερα συστήματα χειρουργικής που βασίζονται στην μέθοδο της τηλε-παρουσίας έχουν την δυνατότητα να μεταφέρουν

τις λειτουργίες της αίσθησης από το απομακρυσμένο περιβάλλον προς το περιβάλλον του χειριστή λ.χ. μια πίεση που θα ασκηθεί στο βραχίονα του ρομπότ κατά την διάρκεια μιας εγχείρησης, θα μεταφερθεί στο χέρι του χειριστή. Αυτού του είδους το σύστημα ΕΠ ονομάζεται τηλεχειρουργική η οποία εφαρμόζεται ευρέως στην ιατρική κοινότητα στις μέρες μας (Doarn et al, 2009).

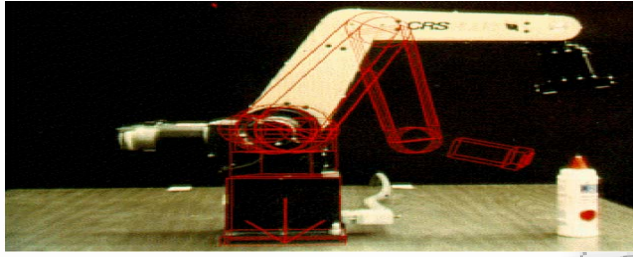
1.3.4. Ενισχυμένη πραγματικότητα

Η αναγκαιότητα να παρέχουμε πλήθος χρήσιμων πληροφοριών στον πραγματικό κόσμο, όπως για παράδειγμα η παροχή οδηγιών για τη διεξαγωγή εργασιών σε πραγματικό περιβάλλον, οδήγησε στη δημιουργία συστημάτων ενισχυμένης πραγματικότητας όπου ο εικονικός κόσμος τοποθετείται πάνω στον πραγματικό. Σήμερα, η δυνατότητα της επεξεργασίας εικόνων βίντεο σε πραγματικό χρόνο, τα προηγμένα συστήματα υψηλής ανάλυσης γραφικών μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών και οι νέες τεχνολογίες απεικόνισης μιας εικόνας, συνδυάζονται για την παραγωγή μιας εικονικής εικόνας η οποία προβάλλεται πάντα μέσα σε ένα πραγματικό περιβάλλον (εικόνα 2). Στην συγκεκριμένη εικόνα προβάλλονται πληροφορίες υπό μορφή τρισδιάστατου περιβάλλοντος το οποίο περιβάλλει το χρήστη (Azuma, 1997).



Εικόνα 1

Πολλοί από όσους εργάζονται με συστήματα ενισχυμένης πραγματικότητας, έχουν προτείνει τα συστήματα αυτά ως λύση στα προβλήματα που προκύπτουν στους τομείς της εκπαίδευσης, των ιατρικών συστημάτων, του σχεδιασμού ρομποτικών συστημάτων (εικόνα 2), καθώς επίσης και στην κατασκευή και επισκευή κάθε είδους μηχανημάτων (Azuma, 1997; Breen, 1994).



Εικόνα 2: Σύστημα ενισχυμένης πραγματικότητας για τον σχεδιασμό ρομποτικού βραχίονα.

1.4. Υλικός εξοπλισμός της Εικονικής Πραγματικότητας

Σήμερα, διατίθεται στην αγορά ποικιλία συσκευών ΕΠ, όπως τα κράνη εμβύθισης (HMD), τα συστήματα αναγνώρισης κίνησης όπως είναι τα ηλεκτρονικά γάντια (εικόνα 3), τα τρισδιάστατα συστήματα ήχου κλπ.. Παρόλα αυτά, πολλά ερευνητικά κέντρα δραστηριοποιούνται στον προσδιορισμό και την ανάπτυξη νέων συσκευών ή τη βελτίωση των υφιστάμενων, όπως είναι τα κράνη εμβύθισης και τα συστήματα αναγνώρισης θέσης (tracking systems). Στις επόμενους παραγράφους, παρουσιάζονται διάφορες συσκευές αυτού του είδους.

1.4.1. Γεννήτριες εικόνας (Image generators)

Μια από τις πιο χρονοβόρες και περίπλοκες διαδικασίες των συστημάτων ΕΠ είναι η παραγωγή τρισδιάστατων εικόνων. Η χρήση υπολογιστών με δυνατότητα να παράγουν στις οθόνες τους εικόνες με υψηλό επίπεδο γραφικών ανοίγουν το δρόμο για πολλές εφαρμογές σε συστήματα ΕΠ. Πλέον στις ημέρες μας, λόγω του γεγονότος ότι υπάρχει αυξανόμενη ζήτηση για χρήση συστημάτων ΕΠ, οδήγησε πολλές επιχειρήσεις να κατασκευάσουν ισχυρούς εξειδικευμένους υπολογιστές και λογισμικά προγράμματα με σκοπό την παραγωγή εικόνας υψηλού επιπέδου σε πραγματικό χρόνο κοστίζοντας αρκετές εκατοντάδες ή χιλιάδες Ευρώ. Ένα καλό παράδειγμα εφαρμογής της παραπάνω τεχνολογίας είναι οι προσομοιωτές πτήσεων οι οποίοι παράγουν τρισδιάστατες εικόνες σε τέτοιο επίπεδο ώστε να παρέχουν στον εκπαιδευόμενο χειριστή την εικόνα που θα είχε μέσα από ένα πραγματικό αεροπλάνο (Isdale, 1993).

1.4.2. Συσκευές χειρισμού και ελέγχου

Ένα σύστημα ΕΠ πρέπει να προσφέρει στο χρήστη τη δυνατότητα να περιηγείται και να εξερευνά τον εικονικό κόσμο, καθώς επίσης να επιλέγει και να χειρίζεται τα τρισδιάστατα αντικείμενα που προβάλλονται μέσα σε αυτόν. Οι πιο απλές συσκευές ελέγχου είναι το συμβατικό ποντίκι, και το απλό χειριστήριο τύπου joystick. Παρόλο που οι παραπάνω συσκευές χρησιμοποιούνται για να ρυθμίσουν τη θέση του κέρσορα (θέση παρατηρητή) εντός δισδιάστατων (2D) χώρων, όπως μια οθόνη, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και σε προβολές έξι διαστάσεων (6D). Στην αγορά διατίθεται ποικιλία 3D και 6D ποντικιών και τζόιστικ. Αυτά διαθέτουν επιπλέον κουμπιά και δυνατότητες χειρισμού που χρησιμεύουν όχι μόνον στη μετακίνηση του κέρσορα εντός των διαστάσεων X και Y της οθόνης, αλλά και στη ρύθμιση του προβαλλομένου βάθους που ορίζεται από τη διάσταση Z και την περιστροφή περί των τριών αξόνων (X , Y και Z) (Isdale, 1993).

Μια λιγότερο συνήθης και πιο ιδιαίτερη συσκευή ΕΠ είναι το ηλεκτρονικό γάντι (εικόνα 3) ή αλλιώς γάντια δεδομένων. Η χρήση του γαντιού για τον χειρισμό αντικειμένων σε εικονικά περιβάλλοντα αποτελεί ευρεσιτεχνία των ΗΠΑ. Αυτό το είδος γαντιών είναι εξοπλισμένο με αισθητήρες στα δάκτυλα καθώς και με μηχανισμό ανίχνευσης γενικής θέσης/προσανατολισμού. Η *VPL, Inc*, η κάτοχος του διπλώματος ευρεσιτεχνίας στις ΗΠΑ, δημιούργησε διάφορα είδη γαντιών δεδομένων, τα οποία χρησιμοποιούν αισθητήρες οπτικών ινών για την ανίχνευση των κινήσεων των δακτύλων και μαγνητικούς ιχνηλάτες για την ανίχνευση της γενικής θέσης (Isdale, 1993).

Η έννοια του ηλεκτρονικού γαντιού έχει επεκταθεί και πλέον η χρήση μιας τέτοιας συσκευής ίδιας τεχνολογίας εφαρμόζεται και σε άλλα σημεία του σώματος. Ένα παράδειγμα αποτελεί η ολόσωμη κίνηση του ανθρώπου, η οποία έχει χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή και την δημιουργία της κίνησης των κινουμένων σχεδίων αλλά και τον έλεγχο μουσικών συνθέσεων.



Εικόνα 3: Ηλεκτρονικό γάντι ή γάντι δεδομένων

1.4.3. Ανίχνευση θέσης

Ένας από τους βασικότερους παράγοντες για την αλληλεπίδραση ενός χειριστή συστήματος ΕΠ με τον εικονικό κόσμο είναι η χρήση εργαλείων-συσκευών που επιτρέπουν την ανίχνευση της θέσης ενός αντικειμένου το οποίο βρίσκεται και κινείται μέσα στο πραγματικό κόσμο. Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι ανίχνευσης και ελέγχου θέσης. Γρήγορη και ακριβής ανίχνευση μπορεί να επιτευχθεί μέσω πολύπλοκων μηχανικών μέσων (αποτελούμενα από βραχίονες και άλλα μηχανικά μέρη) τα οποία προσδιορίζουν γεωμετρικά την θέση του αντικειμένου στον πραγματικό χώρο και τον μεταφέρουν στον εικονικό (Isdale, 1993).

Εκτός των παραπάνω μέσων, για την ανίχνευση της θέσης και του προσανατολισμού μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν αισθητήρες υπερήχων, μαγνητικοί ανιχνευτές και συστήματα οπτικής ανίχνευσης θέσης. Οι αισθητήρες υπερήχων χρησιμοποιούν ένα σύνολο πομπών και δεκτών. Οι πομποί πάλλονται κατ' ακολουθία και η χρονοκαθυστέρηση μετράται σε κάθε δέκτη. Οι μαγνητικοί ανιχνευτές χρησιμοποιούν ηλεκτρικά πηνία τα οποία πάλλονται παράγοντας μαγνητικά πεδία. Οι μαγνητικοί αισθητήρες καθορίζουν την ένταση και τις γωνίες των πεδίων (Isdale, 1993).

Τα οπτικά συστήματα χρησιμοποιούν μια διάταξη διόδων που εκπέμπουν υπέρυθρο φως (LED) τα οποία προσαρμόζονται πάνω στην κάμερα του κράνους εμπύθισης, του χρήστη. Τα LED πάλλονται κατ' ακολουθία και η εικόνα της κάμερας υπόκειται σε επεξεργασία προκειμένου να ανιχνευθεί η γεωμετρική θέση του χρήστη στο χώρο. Μια άλλη οπτική μέθοδος χρησιμοποιεί πολλές βιντεοκάμερες προκειμένου να καταγράψει ταυτόχρονες εικόνες οι οποίες συσχετίζονται μέσω υπολογιστών υψηλής ταχύτητας για την ανίχνευση αντικειμένων (Isdale, 1993).

Τέλος, έχουν δημιουργηθεί ανιχνευτές αδράνειας, οι οποίοι είναι αρκετά μικροί και ακριβείς και μπορούν πολύ εύκολα να χρησιμοποιηθούν σε συστήματα ΕΠ. Ωστόσο, το μειονέκτημα των συσκευών αυτών είναι ότι μπορούν να αντιλαμβάνονται γενικότερα με μεγαλύτερη ακρίβεια μόνο περιστροφικές κινήσεις.

1.4.4. Κράνη εμπύθισης (Head Mounted Displays)

Η συσκευή αυτή η οποία μπορεί να θεωρηθεί και το σήμα κατατεθέν της ΕΠ είναι το κράνος εμπύθισης. Το κράνος εμπύθισης αποτελείται από ένα ζευγάρι γυαλιών εξοπλισμένων με μία μικρή οθόνη ειδικών οπτικών η οποία τοποθετείται

μπροστά στα μάτια και έχει την δυνατότητα να εστιάζει και να επιμηκύνει το αντιλαμβανόμενο οπτικό πεδίο. Τα περισσότερα *HMD* χρησιμοποιούν δύο οθόνες για την παραγωγή στερεοσκοπικής εικόνας. Άλλοι χρησιμοποιούν μία απλή αλλά μεγαλύτερη οθόνη, θυσιάζοντας την στερεοσκοπική απεικόνιση προς χάρη υψηλότερης ευκρίνειας. Τα *HMD* απαιτούν έναν ανιχνευτή θέσης κεφαλής και κυρίως έναν ανιχνευτή προσανατολισμού, προκειμένου ο επεξεργαστής γραφικών να μπορεί να καθορίσει το οπτικό πεδίο που πρέπει να μεταδοθεί στον χρήστη. Η συσκευή ανίχνευσης μπορεί να ενσωματωθεί στο κράνος ή απευθείας στο κεφάλι. Εναλλακτικά, η οθόνη μπορεί να τοποθετηθεί σε βραχίονα στήριξης που επιτρέπει την ανίχνευση (Isdale, 1993).



Εικόνα 4: Κράνος εμβύθισης

1.5. Λογισμικό εικονικής πραγματικότητας

Σήμερα, τα λογισμικά που χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη και τη δημιουργία περιβαλλόντων ΕΠ χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: μια σειρά εργαλείων ΕΠ (toolkits) και τα συστήματα συγγραφής ΕΠ (authoring systems). Η σειρά των εργαλείων είναι βιβλιοθήκες προγραμματισμού που παρέχουν ένα σύνολο από λειτουργίες για την δημιουργία μιας εφαρμογής ενός συστήματος ΕΠ. Τα συστήματα συγγραφής είναι ολοκληρωμένα προγράμματα τα οποία δημιουργούν, μέσω εικόνων, μια γραφική διασύνδεση/πλατφόρμα του χρήστη με το εικονικό περιβάλλον. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν συγκεκριμένες γλώσσες προγραμματισμού για τη δημιουργία των εικονικών κόσμων και των αντικειμένων που βρίσκονται μέσα σε αυτούς και τα οποία πρέπει να απεικονιστούν, καθώς επίσης και την δημιουργία περίπλοκων εφαρμογών μέσα στους εικονικούς κόσμους, όπως είναι τα δυναμικά χαρακτηριστικά των κινούμενων εικόνων, ο φωτισμός και ο χρωματισμός των αντικειμένων του εικονικού περιβάλλοντος τα οποία περικλείει κ.λπ. Πολύ συχνά, για την υλοποίηση μιας εφαρμογής ΕΠ, τα συστήματα συγγραφής συνεργάζονται με άλλα προγράμματα, όπως τα συστήματα CAD . Η τυπική γλώσσα προγραμματισμού

για τη δημιουργία ενός εικονικού κόσμου είναι η Γλώσσα προγραμματισμού και Δημιουργίας Εικονικής Πραγματικότητας (Virtual Reality Modelling Language - VRML), για την οποία θα αναφερθούμε αναλυτικότερα στις παρακάτω παραγράφους του κεφαλαίου.

1.5.1. Συστήματα σχεδιασμού μέσω υπολογιστών (CAD Systems)

Τα σχεδιαστικά προγράμματα με τη βοήθεια υπολογιστή αποτελούν πακέτα λογισμικών τα οποία χρησιμοποιούνται για την δημιουργία σχεδίων σε πολλούς επιστημονικούς κλάδους, όπως η αρχιτεκτονική, η μηχανολογία, και γενικότερα σε οποιοσδήποτε κλάδο του οποίου οι πληροφορίες μεταδίδονται μέσω σχεδίων.

Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν σε κάθε χρήστη τη δημιουργία σχεδίων με μεγαλύτερη ακρίβεια και λεπτομέρεια και κυρίως σε λιγότερο χρόνο σε σχέση με τις παραδοσιακές σχεδιαστικές τεχνικές όπως είναι το σχέδιο με το χέρι πάνω σε χαρτί. Επιπλέον, ορισμένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα αυτών των συστημάτων είναι η ικανότητα χρήσης προκαθορισμένων τυποποιημένων μεθόδων σχεδίασης όπως είναι τα έτοιμα σύμβολα, αντικείμενα κλπ., εξαιρίζοντας έτσι χρονοβόρες διαδικασίες σχεδίασης οι οποίες επαναλαμβάνονται συχνά κατά τη δημιουργία ενός σχεδίου. Επίσης ένα μεγάλο πλεονέκτημα που εμφανίζουν είναι ότι, λόγω της μεγάλης δυνατότητας των υπολογιστών να αποθηκεύουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων, μπορούν να δημιουργήσουν τεράστιες βάσεις σχεδιαστικών δεδομένων και πληροφοριών σε πολύ λίγο χρόνο και με το ελάχιστο δυνατό κόστος. .

1.5.1.1 Συνεργασία συστημάτων CAD με συστήματα ΕΠ

Η γλώσσα προγραμματισμού της εικονικής πραγματικότητας (VRML) χρησιμοποιεί μια ιδιαίτερη γλώσσα προγραμματισμού και συχνά χρησιμοποιεί άλλες γλώσσες προγραμματισμού όπως η JAVA και η C++, για την δημιουργία τρισδιάστατων αντικειμένων και γενικότερα των εικονικών περιβαλλόντων. Αυτή είναι η τελευταία εξέλιξη στον τομέα της ΕΠ, η οποία, ωστόσο, απαιτεί εκτεταμένη γνώση εκ μέρους του χρήστη. Για να κατανοήσουμε τη σχέση μεταξύ της VRML των συστημάτων CAD, πρέπει να λάβουμε υπόψη μας το δημοφιλέστερο και ευρέως χρησιμοποιούμενο σχεδιαστικό σύστημα CAD, το *AutoCAD*. Το σύστημα αυτό σχεδιάστηκε για τη διευκόλυνση της ενσωμάτωσης όλων των σχεδιαστικών εφαρμογών σε όλο το φάσμα των επιστημών και για οποιονδήποτε σχεδιαστικό

σκοπό. Το *AutoCAD* έχει δημιουργηθεί με την γλώσσα C, την πιο συμβατική γλώσσα προγραμματισμού σήμερα, από την οποία έχουν προέλθει η *Java* και *C++*, η οποία μπορεί να παράγει δισδιάστατα και τρισδιάστατα σχέδια. Το γεγονός ότι το *AutoCAD* μπορεί να λειτουργήσει σε τρισδιάστατα περιβάλλοντα, το καταστεί ικανό να συνδυαστεί αποτελεσματικά με τη VRML. Ο συνδυασμός βασίζεται στο γεγονός ότι κάθε γεωμετρική πληροφορία, την οποία παρέχει το *AutoCAD* κατά τη λειτουργία του, μπορεί να εξαχθεί σε VRML μορφή και πιο συγκεκριμένα υπάρχει η δυνατότητα μετατροπής του αρχείου *dwg* που παράγει το *AutoCAD* σε αρχείο *wrl* το οποίο παράγεται από την VRML (και για τις δυο επεκτάσεις αρχείων θα γίνει λεπτομερής αναφορά σε παρακάτω ενότητα). Στη περίπτωση χρήσης του *AutoCAD*, η παραπάνω εξαγωγή δεν γίνεται άμεσα αλλά μέσω κάποιων άλλων προγραμμάτων CAD, τα οποία υποστηρίζουν την άμεση εξαγωγή σε VRML. Τέτοιου είδους προγράμματα είναι το *MECHANICAL DESKTOP*, του οποίου οι αρχές και ο τρόπος λειτουργίας του είναι σε μεγάλο βαθμό ίδιες με αυτή του *AutoCAD*, καθώς και το *3D Studio max*, ένα πρόγραμμα CAD αποκλειστικά προοριζόμενο για την σχεδίαση και απεικόνιση τρισδιάστατων σχεδίων. Πιο συγκεκριμένα το *3D Studio max* είναι ένα λογισμικό πακέτο σχεδίασης τρισδιάστατων αντικειμένων και σχεδιαστικών προτύπων, αντικαθιστώντας πολλές φορές το *AutoCAD*.

Στην παρούσα εργασία, το *3D Studio max* χρησιμοποιήθηκε απλώς ως σύνδεσμος μεταξύ του *AutoCAD* και της VRML καθώς ο χειρισμός του πρώτου προγράμματος αυτού είναι αρκετά πολυπλοκότερος από αυτόν του *AutoCAD* και απαιτεί περισσότερη εμπειρία και εξοικείωση. Η χρήση ενός συστήματος CAD για την παραγωγή ενός εικονικού περιβάλλοντος εξοικονομεί χρόνο για την υλοποίηση της εφαρμογής αυτού του είδους της ΕΠ και δεν απαιτεί ιδιαίτερες γνώσεις και ικανότητες προγραμματισμού από πλευράς χρήστη, οι οποίες θα ήταν απαραίτητες εάν ο συγγραφέας επέλεγε να χρησιμοποιήσει την VRML για τη δημιουργία του εικονικού Ναυπηγείου.

1.5.2 Γλώσσα Προγραμματισμού και Δημιουργίας Εικονικής Πραγματικότητας (VRML)

1.5.2.1. Τί είναι η VRML;

Το ακρώνυμο VRML περιγράφει τη γλώσσα προγραμματισμού και δημιουργίας εικονικής πραγματικότητας (Virtual Reality Modeling Language). Χάρη

στη VRML μπορεί κανείς να δημιουργήσει τρισδιάστατους, εικονικούς κόσμους στο διαδίκτυο. Η VRML επιτρέπει τη δημιουργία εικονικών δωματίων, κτιρίων, πόλεων, βουνών ή πλανητών. Η VRML δίνει τη δυνατότητα να προσθέσουμε σε αυτούς τους εικονικούς κόσμους εικονικά έπιπλα, αυτοκίνητα, ανθρώπους, διαστημόπλοια ή ό,τι άλλο μπορεί κανείς να φανταστεί. Το μόνο όριο της VRML είναι η φαντασία μας. Το πιο εκπληκτικό χαρακτηριστικό της VRML είναι ότι επιτρέπει τη δημιουργία δυναμικών κόσμων και εικονικών περιβαλλόντων στο διαδίκτυο, με δυνατότητα κίνησης, ήχου και αλληλεπίδρασης (Ames, Nadeau & Moreland, 1997).

Λαμβάνοντας υπόψη τα τεχνικά χαρακτηριστικά της, είναι λίγο δύσκολο να δώσουμε ένα μοναδικό και ακριβή ορισμό της VRML διότι οι γνώμες μέσα στην επιστημονική κοινότητα δίστανται. Πολλοί υποστηρίζουν ότι η VRML δεν αποτελεί ούτε γλώσσα εικονικής πραγματικότητας ούτε μπορεί να δημιουργήσει από μόνη της ένα εικονικό κόσμο. Η ΕΠ ως όρος, πιο πολύ έχει να κάνει με μια τρισδιάστατη εμπειρία εμπύθισης μέσω ενός κράνους ΕΠ (HMD) και άλλων πολύπλοκων συσκευών, όπως είναι τα ψηφιακά γάντια και οι ανιχνευτές κίνησης, τα οποία δεν απαιτεί η VRML, αφού δεν μπορεί να θεωρηθεί ως εφαρμογή συστήματος ενισχυμένης ΕΠ (με την χρήση μέσων εμπύθισης). Αντίθετα η VRML, πάντα κατά τους επιστήμονες, προσφέρει στον χρήστη μόνο τα ελάχιστα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες που απαιτούνται για την τρισδιάστατη γεωμετρική απεικόνιση ενός αντικειμένου, και όχι τα χαρακτηριστικά που προσφέρουν τα συστήματα εμπύθισης. Ωστόσο έχουν γίνει κάποιες προσπάθειες για τον προσδιορισμό της VRML. Παρακάτω, παραθέτονται διάφοροι ορισμοί της VRML ως εξής:

Ο πρώτος ορισμός, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του εγχειριδίου της VRML, ορίζει την VRML ως μια μορφή αρχείων για την περιγραφή αλληλεπιδραστικών τρισδιάστατων αντικειμένων και προβαλλόντων. Ο δεύτερος ορισμός ορίζει την VRML ως μια απλή μορφή αρχείου το οποίο χρησιμοποιεί ένα σύνολο εντολών που χρησιμοποιούνται σε τρισδιάστατες εφαρμογές, όπως ο ιεραρχικός μετασχηματισμός των αντικειμένων, ο φωτισμός, οι οπτικές γωνίες, η γεωμετρία, η κίνηση, η σκίαση, οι ιδιότητες των αντικειμένων κλπ. Μια τρίτη προσπάθεια ορισμού είναι ότι η VRML είναι το τρισδιάστατο ανάλογο (η τρισδιάστατη μορφή) της Γλώσσας Προγραμματισμού και δημιουργίας ιστοσελίδων (Hyper Text Markup Language - HTML), κάτι που σημαίνει ότι η VRML λειτουργεί ως απλή γλώσσα προγραμματισμού για την δημιουργία τρισδιάστατων ιστοσελίδων. Αυτό αποτελεί ένα από τα πλεονεκτήματα της VRML, αφού ορισμένες πληροφορίες περιγράφονται

καλύτερα σε τρισδιάστατη μορφή. Οι πληροφορίες αυτές δύνανται να περιλαμβάνουν προγράμματα και εφαρμογές όπως είναι τα παιχνίδια, οι μηχανολογικές και επιστημονικές απεικονίσεις, οι εκπαιδευτικές εφαρμογές, τα αρχιτεκτονικά σχέδια, τα οποία συνήθως απαιτούν εκτεταμένη αλληλεπίδραση με τον χρήστη, δυνατότητες που μια ιστοσελίδα με την μορφή αρχείου HTML δεν είναι σε θέση να υποστηρίξει. Σύμφωνα με έναν άλλο ορισμό, η VRML είναι η τεχνολογία που επιτρέπει το συνδυασμό τρισδιάστατων και δισδιάστατων σχεδίων, κειμένων και πολυμέσων εντός ενός συνεκτικού μοντέλου. Όταν όλα αυτά συνδυαστούν, γίνεται δυνατή η δημιουργία μιας ολόκληρης σειράς αλληλεπιδραστικών εφαρμογών. Ένας πέμπτος ορισμός της VRML, ο οποίος είναι και ο πιο διαδεδομένος αλλά παράλληλα και ο πιο οξύμωρος, είναι ότι η VRML αποτελεί το θεμέλιο λίθο του κυβερνοχώρου (cyberspace) διαδικτυακών εικονικών κοινοτήτων που δημιουργήθηκαν και διαδόθηκαν από συγγραφείς επιστημονικής φαντασίας. Παρόλα αυτά, η απάντηση στο ερώτημα “τί είναι η VRML;” αποτελεί άθροισμα όλων των παραπάνω ορισμών. Ωστόσο, είναι πολύ πιθανό να μην δοθεί ποτέ μια σαφής, άμεση απάντηση στο ερώτημα αυτό (Carey, 1997).

1.5.2.2. Ιστορία της VRML

Οι ρίζες της VRML ξεκινούν το 1989 όταν ένα νέο επιστημονικό πρόγραμμα με την ονομασία *σενάριο (scenario)* ξεκίνησε στη *Silicon Graphics, Inc.*. Σκοπός του προγράμματος αυτού ήταν ο σχεδιασμός και η κατασκευή μιας κατάλληλης υποδομής για αλληλεπιδραστικές, εφαρμογές τρισδιάστατων γραφικών. Η πρώτη φάση του έργου περιελάμβανε το σχεδιασμό και την κατασκευή της γλώσσας/κώδικα προγραμματισμού (semantics) και του μηχανισμού μιας νέας τρισδιάστατης επιφάνειας εργασίας μέσω ενός προσωπικού υπολογιστή, η οποία θα επέτρεπε τη δημιουργία μιας ευρείας ποικιλίας αλληλεπιδραστικών τρισδιάστατων εφαρμογών. (Carey, 1997)

Το 1992, ένα υπολογιστικό πρόγραμμα με την ονομασία *Irish Inventor*, βασισμένο στην γλώσσα παραγραμματισμού C++, υπήρξε ο πρώτος καρπός των προσπαθειών όλων των προηγούμενων ετών και καθόρισε πολλά από τα χαρακτηριστικά της γλώσσας και πιο συγκεκριμένα του κώδικα προγραμματισμού που συναντούμε στην VRML σήμερα. Το 1994 δημιουργήθηκε η δεύτερη έκδοση του *Irish Inventor*, με το όνομα *Open Inventor*. Το εγχειρίδιο λειτουργίας του *Open*

Inventor το οποίο περιγράφει τη δομή του προγράμματος καθώς και τη μορφή του αρχείου το οποίο παράγει αποτέλεσε αναφορά για τον άνθρωπο (Gavin Bell) που δημιούργησε το πρώτο προσχέδιο της VRML 1.0. (Carey, 1997)

Κατόπιν, οι Mark Pesce και Tony Parisi κατασκεύασαν το πρωτότυπο πρόγραμμα ανάγνωσης τρισδιάστατων σελίδων στο διαδίκτυο (3D web browser), ο οποίος ονομάστηκε *λαβύρινθος*. Την επόμενη χρονιά τα αδέρφια Mark και Brian Belhendorf δημιούργησαν έναν κατάλογο με διευθύνσεις για θέματα της VRML στο διαδίκτυο (www-VRML) προκειμένου να συγκεντρώσουν προτάσεις για τον επίσημο καθορισμό των τρισδιάστατων απεικονίσεων στο διαδίκτυο. Ο Gavin Bell, καταδεικνύοντας την καταλληλότητα του *Open Inventor* υπέβαλε μια πρόταση βασισμένη στον *Open Inventor* επιλέγοντας τα θεμελιώδη στοιχεία και τη τελική δομή του αρχείου του παρήγαγε το *Inventor*. Ο Gavin, παίρνοντας ως αναφορά το εγχειρίδιο λειτουργίας του *Inventor*, με σκοπό την σύνταξη του κώδικα της γλώσσας προγραμματισμού που σκόπευε να κάνει μαζί με ορισμένους από τους μηχανικούς-δημιουργούς του *Inventor*, αναθεώρησε και ολοκλήρωσε το πρώτο προσχέδιο του εγχειριδίου λειτουργίας της VRML 1.0. Έτσι τον Οκτώβριο του 1994 κατά την διάρκεια του δεύτερου διεθνούς συνεδρίου για τις εφαρμογές που συναντούνται στο διαδίκτυο που έλαβε χώρα στο Σικάγο των Η.Π.Α. δημοσιεύτηκε το πρώτο επίσημο εγχειρίδιο το οποίο περιέγραφε την δομή και τον τρόπο λειτουργίας της VRML με την ονομασία *VRML 1.0 Specification*. Τον Αύγουστο του 1995, έγινε μεγάλη συζήτηση μεταξύ των επιστημόνων σχετικά με τη δημιουργία μιας αναθεωρημένης έκδοσης της VRML 1.0, καθώς όλοι συμφωνούσαν ότι έλλειπαν από την VRML ορισμένα βασικά στοιχεία και δυνατότητες με πιο σημαντικά από αυτά την δυνατότητα κίνησης των απεικονιζόμενων τρισδιάστατων αντικειμένων και η δυνατότητας αλληλεπίδρασης μεταξύ του προγράμματος και του χρήστη. Τελικά, τον Αύγουστο του 1996, κατά τη διάρκεια του συνεδρίου *SIGGRAPH 96* στη Νέα Ορλεάνη, παρουσιάστηκε και δημοσιεύτηκε η πρώτη έκδοση της αναθεωρημένης πλέον VRML 2.0. και το εγχειρίδιο αυτής δημοσιεύθηκε ηλεκτρονικά ως έγγραφο HTML στο διαδίκτυο (Carey, 1997).

1.5.3. Πώς λειτουργεί η VRML

1.5.3.1. Προβολή των κόσμων της VRML

Το βασικό εργαλείο περιήγησης στο διαδίκτυο είναι ο φυλλομετρητής Ιστού (Web browser). Η εφαρμογή αυτή επιτρέπει στο χρήστη να προβάλλει αλλά και να λαμβάνει τεράστια μεγέθη πληροφοριών στο διαδίκτυο. Οι φυλλομετρητές Ιστού μέσω της HTML, προβάλλουν έγγραφα υπό μορφή κειμένου και πολύ συχνά (αν όχι πάντα) ενσωματώνουν μέσα σε αυτά εικόνες και πολλές άλλες εφαρμογές.

Για την παρουσίαση άλλου είδους πληροφοριών, όπως ήχοι, ταινίες και τρισδιάστατα περιβάλλοντα της VRML, ο φυλλομετρητής παραχωρεί αυτές τις πληροφορίες σε άλλες εφαρμογές-προγράμματα τα οποία έχουν την δυνατότητα να αναγνωρίζουν την μορφή των παραπάνω τύπων αρχείων. Οι εφαρμογές αυτές είναι απαραίτητες για την προβολή των κόσμων της VRML, οι οποίοι αποκαλούνται φυλλομετρητές της VRML (VRML browsers). Οι φυλλομετρητές αυτοί, σε συνδυασμό με τη δυνατότητα προβολής εικονικών κόσμων, προσφέρουν στο χρήστη ένα σύνολο επιλογών περιήγησης που επιτρέπουν τη διαδραστικότητα, την εξερεύνηση και την κίνηση εντός του εικονικού κόσμου. Αυτό μπορεί να γίνει με ένα συμβατικό ποντίκι, ένα πληκτρολόγιο ή χρησιμοποιώντας τις ειδικές γραμμές εργαλείων (toolbars) του φυλλομετρητή. Με αυτό τον τρόπο, χρησιμοποιώντας έναν φυλλομετρητή VRML, ο χρήστης μπορεί να πετά, να περπατά, να μεταβάλει τις οπτικές γωνίες της σκηνής ή ακόμη και να μελετά τα αντικείμενα του εικονικού κόσμου. Η VRML προσφέρει πρόσθετα χαρακτηριστικά στους χρήστες, όπως επιλογές απόδοσης της εικόνας (ποιότητα εικόνας), ταχύτητες πλοήγησης, επιλογές φωτισμού, επιλογές ήχου και στερεοσκοπικές προβολές τρισδιάστατων σκηνών. Σήμερα υπάρχουν αρκετοί VRML browsers τους οποίους μπορεί κανείς να εγκαταστήσει στον υπολογιστή του δωρεάν από το διαδίκτυο. Οι συνηθέστεροι εξ αυτών είναι: ο *Cortona 3.1*, ο *Cosmo Player*, ο *Community Placetης Sony*, ο *Microsoft VRML 2.0 Viewer*, ο *Worldview 2.1*, και ο *Liquid Reality της Dimension X*. Στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιήσαμε τον *Cortona 3.1* καθώς έχει αποδειχθεί βολικότερος και ευκολότερος στη χρήση του.

1.5.3.2. Δημιουργία κόσμων VRML

1.5.3.2.1. Εργαλεία VRML

Προκειμένου να δημιουργήσουμε έναν εικονικό κόσμο, εκτός από μια επιφάνεια εργασίας H/Y με επαρκή μνήμη ανάγνωσης-γραφής τυχαίας προσπέλασης (RAM), χρειαζόμαστε επίσης έναν φυλλομετρητή VRML και έναν οποιονδήποτε επεξεργαστή κειμένου (MS WORD, WORD PAD, NOTE PAD κλπ). Το αρχείο VRML περιλαμβάνει εντολές υπό μορφή κειμένου τις οποίες θα λάβει και θα αναγνωρίσει ο φυλλομετρητής VRML ώστε να δημιουργήσει τα τρισδιάστατα σχήματα του εικονικού κόσμου. Χάρη στον επεξεργαστή κειμένου, ο χρήστης της VRML μπορεί να πληκτρολογήσει αυτές τις εντολές, οι οποίες αποτελούν στην πραγματικότητα ένα είδος σεναρίου/προγραμματισμού, το οποίο περιγράφεται στις παρακάτω ενότητες. Έπειτα, αποθηκεύοντας το αρχείο υπό μορφή κειμένου και φορτώνοντάς το στον φυλλομετρητή VRML, το κείμενο μετατρέπεται αυτόματα σε μορφή wrl (μετασχηματισμός κειμένου σε τρισδιάστατα αντικείμενα), και ο χρήστης μπορεί να προβάλει το κείμενο πλέον υπό την μορφή τρισδιάστατων αντικειμένων. Σε περίπτωση που ο χρήστης επιθυμεί να προσθέσει περισσότερα χαρακτηριστικά ή αντικείμενα, ή ακόμα και να τροποποιήσει τα ήδη υπάρχοντα, επιστρέφει στον επεξεργαστή κειμένου, πληκτρολογεί την εντολή, η οποία περιγράφει τα πρόσθετα στοιχεία τα οποία θέλει να αποδώσει μέσα στο εικονικό περιβάλλον, έπειτα αποθηκεύει το αρχείο και το φορτώνει στον πάλι στον φυλλομετρητή VRML. Επαναλαμβάνοντας αυτή την ακολουθία ενεργειών, ο χρήστης δημιουργεί σταδιακά τον δικό του εικονικό κόσμο.

Σε αντίθεση με τον κώδικα κειμένου της VRML το οποίο εξυπηρετείται από οποιονδήποτε επεξεργαστή κειμένου, υπάρχουν και άλλοι μέθοδοι για την δημιουργία ενός εικονικού περιβάλλοντος μέσω της VRML. Αυτές οι μέθοδοι είναι τα συστήματα CAD που περιγράφηκαν στις παραπάνω ενότητες. Χρησιμοποιώντας τα, ένας επίδοξος δημιουργός και συγγραφέας της VRML μπορεί να δημιουργήσει γρήγορα σχέδια 3D, τα οποία θα μετατραπούν σε μορφή VRML προκειμένου να καταστεί δυνατή η προβολή και επεξεργασία τους. Η παραπάνω μετατροπή ή εξαγωγή επιτυγχάνεται από ορισμένες εφαρμογές, όπως είναι οι μετατροπείς VRML, τους οποίους διαθέτουν οι περισσότεροι φυλλομετρητές. Ο παραπάνω τρόπος δημιουργίας εικονικού κόσμου συνιστάται στους συγγραφείς/χρήστες της VRML οι οποίοι δεν έχουν την εμπειρία χρήσης και χειρισμού της σύνταξης της VRML.

1.5.3.2.2. Το αρχείο VRML

Το αρχείο VRML αποτελεί μια περιγραφή του κόσμου της VRML αποτυπωμένη σε κείμενο. Τα ονόματα των αρχείων VRML τελειώνουν με την επέκταση *wrl* (ακρωνύμιο της Αγγλικής λέξης *world*), η οποία αποτελεί ένδειξη ότι το αρχείο περιέχει εικονικό κόσμο VRML. Όταν ο φυλλομετρητής ανοίγει και διαβάζει ένα αρχείο VRML, μετατρέπει το κείμενο του κώδικα προγραμματισμού, το οποίο έχει πληκτρολογηθεί στον επεξεργαστή κειμένου, σε τρισδιάστατα αντικείμενα. Ένα κείμενο VRML μπορεί να διαθέτει στοιχεία που συντελούν στην δημιουργία ενός εικονικού περιβάλλοντος όπως: κεφαλίδα VRML, πρότυπα σχήματα, αισθητήρες, σενάρια, πορείες και διαδρομές μέσα στο εικονικό περιβάλλον, σχόλια, κόμβους, πεδία και τιμές καθορισμού πεδίων, καθορισμένα ονόματα κόμβων κλπ, για τα οποία θα γίνει εκτενής αναφορά στην συνέχεια. Δεν είναι απαραίτητο το αρχείο VRML να περιέχει όλα αυτά τα παραπάνω στοιχεία για να δημιουργήσει έναν εικονικό κόσμο, ενώ πολύ συχνά κάποια από αυτά τα στοιχεία δεν περιλαμβάνονται στο κείμενο της VRML. Στο παρούσα εργασία, τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του εικονικού Ναυπηγείου περιγράφονται παρακάτω ενώ η λειτουργία τους και η συνολική τελική τους απεικόνιση παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο Γ. Οι παρακάτω ορισμοί των χρησιμοποιούμενων στοιχείων προέρχονται και έχουν μεταφραστεί από το εγχειρίδιο VRML 2.0 *Source Book των L. Ames A., Nadeau, R., και L. Moreland, J.:* 1997

1.5.3.2.3. Κεφαλίδα VRML

Όταν ανοίγουμε ένα αρχείο VRML χρησιμοποιώντας έναν απλό κειμενογράφο η πρώτη κωδικοποιημένη γραμμή κειμένου που εμφανίζεται, ονομάζεται κεφαλίδα VRML. Η κεφαλίδα είναι απαραίτητη για κάθε αρχείο VRML καθώς αποτελεί ένδειξη του ότι πρόκειται για αρχείο VRML το οποίο συμμορφώνεται προς το εγχειρίδιο της VRML 2.0 που προαναφέρθηκε, και χρησιμοποιεί τους διεθνείς χαρακτήρες UTF-8. Οι χαρακτήρες UTF-8 αποτελούν πρότυπο το οποίο περιλαμβάνει όλους τους χαρακτήρες που βρίσκονται στο πληκτρολόγιο ενός υπολογιστή το οποίο επιτρέπει στην VRML να υποστηρίξει αγγλικούς, κορεατικούς, ιαπωνικούς και αραβικούς χαρακτήρες.

1.5.3.2.4. Σχόλια

Τα σχόλια της VRML (βλ. Παράρτημα) επιτρέπουν στο χρήστη να προσθέσει κόμβους κειμένου (αποσπάσματα κειμένου) εντός του κώδικα χωρίς να επηρεάσει την προβολή του συνολικού εικονικού κόσμου αργότερα. Αυτές οι σημειώσεις κειμένου είναι ιδιαίτερα χρήσιμες διότι βοηθούν το συγγραφέα να θυμάται και να υποδεικνύει διαφορετικά σημεία μέσα στον κώδικα κειμένου της VRML, εάν για παράδειγμα, πρέπει να σταματήσει την επεξεργασία του αρχείου και να την αρχίσει ξανά μετά από κάποιο χρονικό διάστημα.

1.5.3.2.5. Κόμβοι

Οι κόμβοι αποτελούν δομικά στοιχεία του κώδικα της VRML τα οποία περιγράφουν σχήματα/αντικείμενα και τις ιδιότητές τους μέσα στον εικονικό κόσμο. Οι μεμονωμένοι κόμβοι περιγράφουν σχήματα, χρώματα, φωτισμό, οπτικές γωνίες, κείμενα, τη θέση και τον προσανατολισμό των αντικειμένων μέσα στο εικονικό περιβάλλον, μετρητές κίνησης, κτλ. Γενικότερα, οι κόμβοι αποτελούνται ένα σύνολο αγκυλών, παρενθέσεων και χαρακτήρων (γραμμάτων και αριθμών). Το όνομα κάθε κόμβου εντός του κειμένου/κώδικα της VRML μπορεί να ορισθεί από μια ακολουθία γραμμάτων και αριθμών. Από τη στιγμή που θα ονομαστεί ο κόμβος, η εύρεση και η επεξεργασία του επιθυμητού κόμβου, ο οποίος λ.χ. στον εικονικό κόσμο μπορεί να αντιπροσωπεύει πχ. μια καρέκλα, γίνονται πολύ εύκολα. Η επεξεργασία των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων των κόμβων (πχ. το χρώμα ή οι διαστάσεις ενός κύβου) μπορεί να γίνει αλλάζοντας τα πεδία ορισμού που αντιπροσωπεύει κάθε χαρακτηριστικό του κόμβου (πεδίο ορισμού του χρώματος ή διαστάσεων). Μερικοί από τους πιο σημαντικούς κόμβους που σίγουρα θα συναντήσει κάποιος μέσα στον κώδικα της VRML, οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν και στην συγκεκριμένη εργασία, περιγράφονται παρακάτω.

1.5.3.2.5.1. Κόμβος σχημάτων

Ο κόμβος σχημάτων αποτελεί έναν τρόπο περιγραφής των αντικειμένων μέσα στο εικονικό περιβάλλον. Ο κόμβος σχημάτων καθορίζει τη γεωμετρία και την εμφάνιση του σχήματος VRML, που ο φυλλομετρητής VRML κατασκευάζει και τοποθετεί εντός του κόσμου. Η εμφάνιση του σχήματος περιγράφεται από την εμφάνιση και το υλικό των κόμβων εντός του κόμβου σχημάτων. Ο κόμβος

εμφάνιση καθορίζει την εμφάνιση των αντικειμένων και το πώς αυτά θα προβάλλονται στον κόσμο, όπως π.χ. η εμφάνιση μιας γυαλιστερής λευκής επιφάνειας. Ο υλικός κόμβος προσδιορίζει τις υλικές ιδιότητες των αντικειμένων και διαθέτει το πεδίο καθορισμού του χρώματος, το οποίο ρυθμίζεται από τα χρώματα RGB (κόκκινο, πράσινο, μπλε), το πεδίο καθορισμού της λάμψης, το πεδίο καθορισμού της διαφάνειας κ.λπ. Εκτός των παραπάνω, η VRML παρέχει πολλούς πρωτογενείς κόμβους οι οποίοι μπορούν να συνδυαστούν με τον κόμβο σχημάτων για την κατασκευή πρωτογενών σχημάτων. Οι πρωτογενείς κόμβοι είναι: ο κόμβος του κύβου, του κώνου, του κυλίνδρου και της σφαίρας. Κάθε ένας από αυτούς τους κόμβους, μέσω των πεδίων καθορισμού που περιλαμβάνουν, επιτρέπει τον καθορισμό των ιδιοτήτων τους, όπως τις διαστάσεις του κύβου, την ακτίνα της σφαίρας ή το ύψος του κυλίνδρου και του κώνου. Ο πρωτογενής κόμβος που χρησιμοποιήθηκε στο έργο αυτό, για τη δημιουργία της θάλασσας, είναι ο *Γεωμετρικός κόμβος*.

Στην περίπτωση που ο εικονικός κόσμος έχει δημιουργηθεί χρησιμοποιώντας άλλες εφαρμογές, όπως τα συστήματα CAD, και όχι μέσω της σύνταξης του κώδικα της VRML, τα αντικείμενα του κόσμου δεν αποτελούν πρωτογενή γεωμετρικά σχήματα αλλά ένα σύνολο συντεταγμένων που αντιστοιχούν στο σχήμα και τη θέση του κάθε αντικειμένου εντός του κόσμου.

1.5.3.2.5.2. Κόμβος Μετασχηματισμού

Οι κόμβοι *μετασχηματισμού* βασίζονται στο παγκόσμιο σύστημα συντεταγμένων μέσω των αξόνων x , y , z και προσδιορίζουν την ακριβή θέση οποιουδήποτε αντικείμενου (πάντα μέσω συντεταγμένων) βρίσκεται μέσα στον εικονικό κόσμο. Ο κόμβος *μετασχηματισμού* δημιουργεί ένα νέο μεμονωμένο σύστημα συντεταγμένων για κάθε ένα τρισδιάστατο αντικείμενο το οποίο είναι πάντα σχετικό με το κεντρικό σύστημα συντεταγμένων του εικονικού κόσμου. Έτσι αν υποθέσουμε ότι οι συντεταγμένες που αντιπροσωπεύουν το κέντρο ενός εικονικού κόσμου είναι $x=0$, $y=0$ και $z=0$ (κεντρικές συντεταγμένες), το μεμονωμένο σύστημα συντεταγμένων θα χαρακτηρίζεται από την απόκλιση των συντεταγμένων αυτών από τις κεντρικές. Έτσι, οι τιμές που μπορεί να πάρει ένας κόμβος *μετασχηματισμού*, καθορίζουν την απόσταση των αξόνων X , Y και Z μεταξύ του κεντρικού συστήματος συντεταγμένων (*γονέας*) και του νέου μεμονωμένου συστήματος συντεταγμένων.

Ο κόμβος μετασχηματισμού περιέχει διάφορους άλλους κόμβους, όπως οι κόμβοι που καθορίζουν το σχήμα, το υλικό, την εμφάνιση του αντικειμένου, κόμβοι μετάφρασης (translation nodes), κόμβοι περιστροφής (rotation nodes) καθώς επίσης και κόμβους με την ονομασία *παιδιά του μετασχηματισμού (children)*. Οι κόμβοι *παιδιά* περιέχουν με την σειρά τους κόμβους μετασχηματισμού (υποσύνολα κόμβων μετασχηματισμού) οι οποίοι με την σειρά τους περιέχουν και αυτοί κόμβους μετάφρασης και περιστροφής οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την τοποθέτηση και την περιστροφή των τρισδιάστατων αντικειμένων που περιέχονται στους επιμέρους κόμβους. Επομένως, αν ένας χρήστης είναι απαραίτητο να μετακινήσει και να τοποθετήσει ένα αντικείμενο σε μια συγκεκριμένη θέση εντός του εικονικού κόσμου, πρέπει να ορίσει τις επιθυμητές τιμές στους τρεις άξονες για κάθε κόμβο μέσω των κόμβων μετάφρασης.

Τα πεδία καθορισμού των κόμβων έτσι όπως εμφανίζονται σε ένα κώδικα VRML είναι ως εξής: η πρώτη τιμή πεδίου καθορισμού ορίζει την απόσταση στον άξονα X , η δεύτερη ορίζει την απόσταση στον άξονα Y και η τρίτη την απόσταση στον άξονα Z . Οι αποστάσεις αυτές μπορεί να ορίζουν είτε θετικές είτε αρνητικές τιμές. Παράδειγμα κόμβου μετασχηματισμού που περιέχει όλα τους παραπάνω κόμβους καθώς επίσης και τα πεδία καθορισμού αυτών, προβάλλονται στο Παράρτημα.

Για να γίνει κατανοητή η εφαρμογή των παραπάνω κόμβων καθώς και τα πεδία καθορισμού αυτών, ας λάβουμε υπόψη μας το παρακάτω παράδειγμα. Ας υποθέσουμε ότι ο εικονικός κόσμος τον οποίο θέλουμε να δημιουργήσουμε μέσω της VRML είναι ένα σπίτι. Το σπίτι αυτό αποτελείται από πολλά δωμάτια και πολλούς άλλους κοινόχρηστους χώρους όπως κουζίνα, μπάνιο, διάδρομοι, καθιστικό κλπ. Μέσα στους παραπάνω χώρους βρίσκονται εγκατεστημένα πολλών ειδών αντικείμενα όπως έπιπλα, ηλεκτρικές συσκευές, κρεβάτια, βιβλιοθήκες κ.α., τα οποία αποτελούν μέρος του σπιτιού αυτού. Η αντιστοίχιση του παραπάνω σπιτιού και όλων αυτών των οποίων περιέχει με τους παραπάνω κόμβους θα είναι ως εξής. Το σπίτι μπορεί να αντιστοιχηθεί με το κόμβο *σχημάτων* αλλά και με τον κόμβο *μετασχηματισμού*, το οποίο και θα αποτελεί το κεντρικό σύστημα συντεταγμένων. Τα δωμάτια του σπιτιού μπορούν να θεωρηθούν ότι είναι οι κόμβοι *παιδιά* του σπιτιού που με την σειρά τους αποτελούνται από κόμβους μετασχηματισμού οι οποίοι αντιπροσωπεύουν όλα τα αντικείμενα που βρίσκονται μέσα σε αυτά. Για κάθε ένα από τους κόμβους αντιστοιχούν σε αυτούς και οι κόμβοι μετάφρασης, σχήματος, περιστροφής, υλικού

και εμφάνισης. Έτσι, αν ο χρήστης θελήσει να μετακινήσει μια καρέκλα από την τραπέζα στην κρεβατοκάμαρα, αρκεί να εντοπίσει το κόμβο μετασχηματισμού που αντιστοιχεί στην τραπέζα, να εντοπίσει τον κόμβο παιδιού που αντιστοιχεί στην καρέκλα, και δίνοντας νέες, σχετικές με τις κεντρικές του σπιτιού, συντεταγμένες για την νέα θέση της καρέκλας μέσω του κόμβου μετάφρασης να την μετακινήσει σε μια από τις κρεβατοκάμαρες.

1.5.3.2.5.3. Κόμβος Κειμένου

Ο κόμβος κειμένου χρησιμοποιείται για την προσθήκη τρισδιάστατων σχημάτων υπό μορφή κειμένου μέσα στον εικονικό κόσμο. Ο κόμβος αυτός διαθέτει τα πεδία στα οποία ο χρήστης VRML ορίζει και ρυθμίζει τη διάταξη του κειμένου ή τη σειρά των χαρακτήρων που επιθυμεί να προσθέσει, το μέγιστο επιτρεπτό όριο σειρών ή στηλών και το ακριβές μήκος κάθε γραμμής ή στήλης κειμένου. Επιπλέον, ο κόμβος κειμένου περιλαμβάνει πολύ συχνά και άλλα είδη κόμβων, όπως είναι οι κόμβοι στυλ γραμματοσειράς. Ο κόμβος του στυλ γραμματοσειράς επιτρέπει στο δημιουργό να ρυθμίζει: την κατηγορία της γραμματοσειράς των χαρακτήρων του κειμένου, το μέγεθος και το στυλ της γραμματοσειράς, την απόσταση μεταξύ των γραμμών και των στηλών, τον προσανατολισμό του κειμένου και τα ειδικά χαρακτηριστικά της γλώσσας που χρησιμοποιείται. Για παράδειγμα, το μέγεθος των χαρακτήρων του κειμένου απαιτεί μόνο θετικές τιμές για τον καθορισμό ενός πεδίου. Στο Παράρτημα, παρουσιάζεται ένας ολοκληρωμένος κόμβος κειμένου, ο οποίος χρησιμοποιείται για να αποδώσει την ονομασία ορισμένων βασικών τμημάτων της πλωτής δεξαμενής του Ναυπηγείου που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία ο οποίος περιλαμβάνει κάποια από τα πεδία που περιγράφηκαν παραπάνω.

1.5.3.2.5.3. Κόμβος Κινούμενης Εικόνας (animation)

Μία από τις δυνατότητες της VRML είναι η προσθήκη κινούμενης εικόνας. Η κινούμενη εικόνα επιτυγχάνεται μέσω μετακίνησης της θέσης ή του προσανατολισμού ενός συστήματος συντεταγμένων εντός του κόσμου, το οποίο αναπαριστά ένα αντικείμενο. Η κινούμενη εικόνα είναι η μεταβολή της θέσης κάποιου αντικείμενου στο πέρασμα του χρόνου. Προκειμένου να δημιουργηθεί μια ολόκληρη κινούμενη εικόνα (animation), όπως μια περιστροφή, απαιτείται η χρήση του κόμβου αισθητήρα χρόνου (*TimeSensor*), ο οποίος λειτουργεί ως ρολόι. Με το

πέρασμα του χρόνου, ο αισθητήρας αυτός παράγει γεγονότα που προσδιορίζουν τις χρονικές μεταβολές. Για να επιτευχθεί η μετάφραση και η περιστροφή, δηλαδή η αλλαγή της θέσης προβολής που έχει ο χρήστης σε σχέση με τα αντικείμενα που περιέχονται μέσα στον εικονικό κόσμο, ο κόμβος *TimeSensor* λειτουργεί σε συνδυασμό με τους κόμβους παρεμβολής της θέσης *PositionInterpolator* και κόμβο παρεμβολής του προσανατολισμού *OrientationInterpolator*, οι οποίοι αντιστοιχούν στην κίνηση και την περιστροφή του αντικειμένου αντιστοίχως, σε σχέση με τις κεντρικές συντεταγμένες του εικονικού κόσμου. Καθένας από αυτούς τους κόμβους παρεμβολής παράγει νέες τιμές θέσης και περιστροφής, τις οποίες ο *TimeSensor* μπορεί να εντοπίσει.

1.5.3.2.5.4. Κόμβοι Φωτισμού

Στην VRML, οι κόμβοι φωτισμού (βλ. Παράρτημα) εξυπηρετούν τον ίδιο σκοπό με αυτόν που εξυπηρετούν τα φώτα στον πραγματικό κόσμο. Εκτός του προβολέα, που κάθε VRML browser μπορεί να παρέχει ως δυνατότητα φωτισμού, είναι δυνατό να δημιουργήσουμε φώτα από μόνοι μας και να τα τοποθετήσουμε σε όποια θέση επιθυμούμε μέσα στον εικονικό κόσμο. Υπάρχουν τρία είδη κόμβων φωτισμού, τα φώτα σημείων (*Point Lights*), τα φώτα κατεύθυνσης (*Directional Light*) και οι κόμβοι προβολείς (*Spot Light*). Χρησιμοποιώντας αυτούς τους κόμβους, ο δημιουργός μπορεί, για παράδειγμα, να φωτίσει μια σκοτεινή πλευρά ενός δωματίου.

Το φως σημείου, εκπέμπεται εντός του εικονικού κόσμου υπό τη μορφή ακτινών και προς όλες τις κατευθύνσεις. Το φως αυτό δημιουργείται αφού προσδιορίσουμε την θέση του που ορίζεται από τις τιμές στους άξονες x, y, z, την κατεύθυνση του, την ένταση του και το χρώμα του.

Το φως κατεύθυνσης θεωρείται παρόμοιο με το φως του ήλιου το οποίο προέρχεται από το άπειρο με τρόπο τέτοιο ώστε όλες οι ακτίνες του να είναι παράλληλες και να εστιάζουν προς στην ίδια κατεύθυνση. Το φως κατεύθυνσης δημιουργείται αφού ορίσουμε το σημείο προς το οποίο κατευθύνεται το φως, κατά τον ίδιο τρόπο που ορίζονται οι άξονες περιστροφής (0, 0, 0). Αυτό το είδος κόμβου φωτισμού χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία.

Ο προβολέας είναι το φως που τοποθετείται στη θέση που ορίζει ο συγγραφέας. Η θέση και η κατεύθυνση των ακτινών του προβολέα πρέπει να δημιουργούν έναν κώνο φωτός. Όσα αντικείμενα είναι τοποθετημένα εντός του

κάνου φωτός φωτίζονται ενώ τα υπόλοιπα όχι. Ο φωτισμός μέσω του προβολέα δημιουργείται αφού ορίσουμε την θέση του εντός του κόσμου, την κατεύθυνση του φωτός, την ένταση του φωτισμού, την ακτίνα προβολής και γωνία φωτισμού. Ο τρόπος αυτός φωτισμού χρησιμοποιείται κυρίως όταν θέλουμε να φωτίσουμε περιοχές ή αντικείμενα εντός του εικονικού κόσμου, τα οποία δεν είναι ορατά από κάποιες συγκεκριμένες θέσεις θέασης (οπτικά πεδία) του χρήστη.

1.5.3.2.5.5. Κόμβος Φόντου

Ο κόμβος του φόντου (βλ. Παράρτημα) επιτρέπει τη δημιουργία επαρκών φόντων στον εικονικό κόσμο, όπως ο ουρανός και το έδαφος. Ο κόμβος αυτός επιτρέπει τη ρύθμιση και τον ορισμό των χρωμάτων του ουρανού προκειμένου το περιβάλλον του εικονικού κόσμου να καταστεί πιο ρεαλιστικό. Ο ουρανός της VRML είναι μια σφαιρική επιφάνεια, εκτεινόμενη στο άπειρο και η οποία περικλείει όλο τον εικονικό κόσμο. Προκειμένου να δημιουργήσει έναν απλό ουρανό, ο συγγραφέας/χρήστης της VRML πρέπει να ορίσει απλώς ένα χρώμα στο πεδίο καθαρισμού του χρώματος του κόμβου, όπως είναι το μπλε στην συγκεκριμένη περίπτωση. Για τη δημιουργία ρεαλιστικότερων εφέ στο χρωματισμό του ορίζοντα, όπως συμβαίνει στην περίπτωση της παρούσας εργασίας, ο κόμβος παρέχει την δυνατότητα καθορισμών για επιπρόσθετα πεδία μέσω των οποίων ορίζονται οι χρωματικές διαβαθμίσεις. Στην περίπτωση ενός μπλε ουρανού, τα εφέ του ορίζοντα δημιουργούνται από τη τριπλή διαβάθμιση της απόχρωσης του μπλε και πιο συγκεκριμένα ξεκινώντας από ανοιχτές αποχρώσεις του μπλε στο ανώτερο σημείο του ουρανού και καταλήγοντας σε σκουρότερες αποχρώσεις του μπλε στο επίπεδο του ορίζοντα και το αντίθετο. Κατά τη δημιουργία ενός φόντου χρησιμοποιώντας διαφορετικά χρώματα (διαβαθμίσεις χρωμάτων), κάθε διαβάθμιση ορίζεται στο πεδίο καθορισμού *skyColour* του κόμβου φόντου. Μια άλλη δυνατότητα του κόμβου φόντου είναι το πεδίο καθορισμού *skyAngle*. Χρησιμοποιώντας το πεδίο αυτό, ο συγγραφέας/χρήστης της VRML έχει τη δυνατότητα να ορίσει επακριβώς τις διαβαθμίσεις κάθε χρώματος στο επάνω και κάτω μέρος του ορίζοντα, ορίζοντας απλώς τις γωνίες του ουρανού για κάθε διαβάθμιση, εκτός από την πρώτη που έχει εισαχθεί στον κόμβο και η οποία χρησιμοποιείται για τον ανώτερο σημείο του ουρανού. Η κωδικοποίηση του κόμβου του φόντου της παρούσας εργασίας παρουσιάζεται στο Παράρτημα.

1.5.3.2.5.5. Κόμβος Αισθητήρα Αφής (Touch Sensor)

Οι κόμβοι *TouchSensor* (βλ. Παράρτημα) είναι πολύ χρήσιμοι σε περιπτώσεις δημιουργίας κινούμενης εικόνας (*animation*). Οι κόμβοι αυτοί χρησιμοποιούν έναν αισθητήρα ανίχνευσης ενεργειών κίνησης και μετατροπής αυτών σε εντολές εξόδου οι οποίες παράγουν μια κίνηση, όπως είναι η περιστροφή ενός αντικείμενου. Οι ενέργειες κίνησης μπορούν να πραγματοποιηθούν μέσω της κίνησης ενός συμβατικού ποντικιού (*mouse pointer*) στην επιφάνεια προβολής της οθόνης του υπολογιστή ή απλώς με τον κατάλληλο χειρισμό του πληκτρολογίου ενός υπολογιστή. Ο κόμβος *TouchSensor* μπορεί να εμπεριέχεται σε ένα κόμβο *παιδί* οποιουδήποτε κόμβου μετασχηματισμού και ανιχνεύει τις ενέργειες κίνησης του χρήστη για οπουδήποτε αντικείμενο το οποίο εμπεριέχεται μέσα στον κόμβο του μετασχηματισμού. Πιο συγκεκριμένα, μια κίνηση του ποντικιού πάνω σε ένα αντικείμενο ή ακόμα και το πάτημα του ποντικιού πάνω σε αυτό το αντικείμενο, παράγει μια έξοδο/εντολή η οποία προκαλεί την κίνηση αυτού του αντικείμενου. Οι κόμβοι *TouchSensor* διαθέτουν πεδία καθορισμού για διάφορες παραμέτρους όπως είναι το πεδίο που καθορίζει αν ο αισθητήρας είναι ενεργοποιημένος ή όχι. Όταν η τιμή του πεδίου είναι TRUE ο αισθητήρας είναι ενεργοποιημένος, ενώ όταν είναι FALSE ο αισθητήρας δεν ενεργοποιείται από τις κινήσεις του ποντικιού πάνω στο σχήμα και δεν δημιουργείται έξοδος κίνησης.

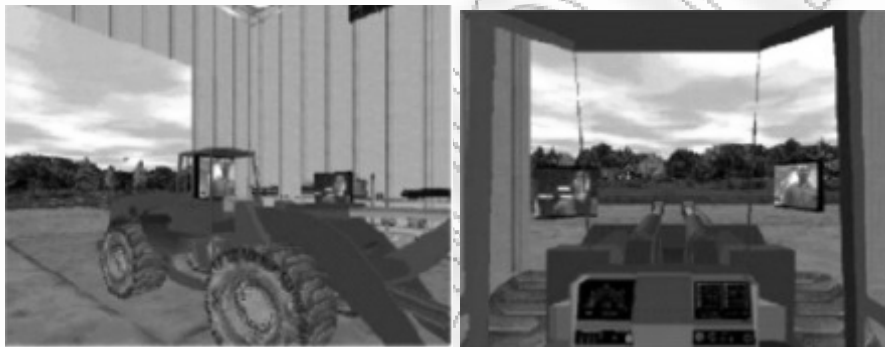
6. Παραδείγματα εφαρμογών ΕΠ

Στις μέρες μας, οι εφαρμογές της ΕΠ σταδιακά επεκτείνονται. Σύμφωνα με τα πρακτικά της ετήσια έκθεσης με την ονομασία «*Η αγορά της οπτικής προσομοίωσης/Συστήματα εικονικής πραγματικότητας*» (*The Market for Visual Simulation/Virtual Reality Systems, 2001*), περίπου 8.500 εταιρίες παγκοσμίως ασχολούνται με την ΕΠ, κάτι που αντιστοιχεί σε μισό εκατομμύριο ανθρώπους, το σαράντα τοις εκατό των οποίων ασχολούνται αποκλειστικά με την τεχνολογία αυτή. Η κατηγοριοποίηση των παραδειγμάτων εφαρμογής της ΕΠ δεν αποτελεί απλή διαδικασία, αφού ούτε οι τομείς στους οποίους εμπλέκεται ούτε οι σκοποί για τους οποίους χρησιμοποιείται, δεν μπορούν να οριστούν με σαφήνεια. Λαμβάνοντας υπόψη το σκοπό που εξυπηρετεί κάθε εφαρμογή, είναι δυνατό να εντοπίσουμε ορισμένους τομείς, όπως είναι ο πειραματισμός, η εκπαίδευση, η κατάρτιση και η προσομοίωση. Ωστόσο, αυτού του είδους η διάκριση δεν βοηθά καθώς τα πεδία στα

οποία περιλαμβάνονται αυτοί οι τομείς πρέπει να κατηγοριοποιηθούν και αυτά αντιστοίχως, κάτι που δεν είναι τόσο εύκολο να συμβεί. Από την άλλη πλευρά, εάν λάβουμε υπόψη το πεδίο στο οποίο εντάσσεται η εφαρμογή, οι δύο βασικοί επιστημονικοί κλάδοι όπου μπορούν να υλοποιηθούν οι εφαρμογές τις ΕΠ είναι: η μηχανολογία και οι θεωρητικές επιστήμες, περιλαμβανομένων όλων των υποκατηγοριών τους. Και πάλι, δεν πρόκειται για μια σαφή διάκριση από τη στιγμή που δεν ξεκαθαρίζεται το εάν οι προαναφερθέντες κλάδοι περιλαμβάνονται μέσα σε αυτά τα πεδία ή όχι. Μια σαφέστερη απόπειρα κατάδειξης των παραδειγμάτων εφαρμογής της ΕΠ είναι η καταγραφή των παραδειγμάτων σύμφωνα με το είδος της ΕΠ που χρησιμοποιείται, χωρίς να ορίζεται επακριβώς το πεδίο και ο σκοπός που εξυπηρετείται: εικονική πρωτοτυποποίηση, εκπαίδευση και προσομοίωση, τηλεπαρουσία και ενισχυμένη πραγματικότητα. Εντούτοις, τα υπό εξέταση παραδείγματα εστιάζονται στον τομέα των θετικών επιστημών και δη της μηχανολογίας, εκτός του τομέα της ναυτικής τεχνολογίας, ο οποίος θα εξεταστεί αργότερα, καθώς και στην ιατρική, η οποία αποτελεί τον κύριο εκπρόσωπο του τομέα των θεωρητικών επιστημών.

Όσον αφορά την εικονική πρωτοτυποποίηση, τα παραδείγματα που βρίσκουμε στη βιβλιογραφία είναι πολλά. Κάποια από αυτά αφορούν την αυτοκινητοβιομηχανία, την αρχιτεκτονική, την αεροναυπηγική και την ναυπηγική. Η αυτοκινητοβιομηχανία έχει αναγνωρίσει την αξία της ΕΠ κατά την παραγωγική διαδικασία και έχει αναπτύξει αρκετά εικονικά περιβάλλοντα. Η *Volkswagen* έχει δημιουργήσει ένα εικονικό εργοστάσιο αυτοκινήτων με εικονικά ρομπότ, προκειμένου να παρουσιάζει στους υπαλλήλους της τις πιθανές συγκρούσεις που μπορούν να λάβουν χώρα κατά την πραγματική διαδικασία συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης μεταξύ των ρομπότ και των εξαρτημάτων του αυτοκινήτου (Purschke κ.ά., 1998). Τα αποτελέσματα της εφαρμογής απέδειξαν ότι η ΕΠ είναι ένα ισχυρό εργαλείο αξιολόγησης για το πόσο εφικτή είναι η παραγωγή ενός προϊόντος χωρίς την παρουσία προβλημάτων στη παραγωγική διαδικασία.. Μια ομάδα του *Εθνικού Κέντρου Υπέρ-υπολογιστικών Εφαρμογών των ΗΠΑ* μαζί με το *Γερμανικό Εθνικό Ερευνητικό Κέντρο Τεχνολογίας της Πληροφορίας*, ανέπτυξαν ένα σύστημα εικονικής πρωτοτυποποίησης διαφόρων μηχανημάτων εκσκαφής για τις ανάγκες της βιομηχανίας *Caterpillar*. Το σύστημα αυτό αποδείχθηκε αρκετά χρήσιμο αφού οδήγησε στην μείωση κόστους στα αρχικά στάδια του σχεδιασμού των μηχανημάτων μιας και δεν ήταν απαραίτητη η δημιουργία πρωτότυπων μηχανών τα οποία στην

περίπτωση μη χρησιμοποίησης του συστήματος εικονικής πρωτοτυποποίησης, θα απαιτούντο για την διεξαγωγή δοκιμών (Lehner at all, 1997). Επίσης, εκτός της παραπάνω εφαρμογής, η Caterpillar ανέπτυξε ένα από τα πιο γνωστά συστήματα εικονικής πρωτοτυποποίησης (εικόνα 5). Πιο συγκεκριμένα, δημιούργησε εικονικά περιβάλλοντα τα οποία περιλάμβαναν εικονικά πρωτότυπα φορτηγών και εκσκαφών με σκοπό την δημιουργία προσομοίωσης σκαπτικών εργασιών. Η εφαρμογή αυτή, χρησιμοποιήθηκε για την λήψη σημαντικών πληροφοριών που αφορούν την εργονομία νέων προϊόντων, όπως είναι η ορατότητα του χειριστή των μηχανημάτων καθώς επίσης και η σωστή τοποθέτηση των οργάνων ελέγχου των μηχανημάτων (Bilalis et all, 2006).



Εικόνα 5: Εικονικά πρωτότυπα εκσκαφών της Caterpillar

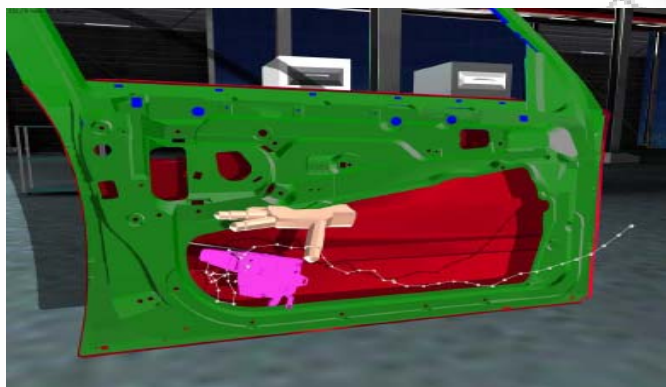
Άλλα δύο αντιπροσωπευτικά παραδείγματα της αυτοκινητοβιομηχανίας, προέρχονται από έρευνες που διεξήχθησαν στο Εργαστήριο Εικονικής Πραγματικότητας του Πανεπιστημίου του Μίσιγκαν και του Πανεπιστημίου της Πολιτείας της Αϊόβα. Οι έρευνες αφορούσαν τη δημιουργία ενός εικονικού ρομπότ συναρμολόγησης αυτοκινήτων με χρήση της VRML (Beier, 2000) καθώς και τη δημιουργία ενός εικονικού περιβάλλοντος που θα επέτρεπε στον σχεδιαστή την πραγματοποίηση πολλαπλών μεταβολών στο σχεδιασμό (Yeh, 1997). Και οι δύο εφαρμογές συνέβαλαν θετικά, μεταξύ άλλων, στον έλεγχο του σχεδιασμού και της ορθότητας του προγραμματισμού του ρομπότ για τη βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας.

Τα παραδείγματα εικονικής πρωτοτυποποίησης που ακολουθούν προέρχονται από τα ίδια τα παραπάνω πανεπιστήμια αλλά, αυτή τη φορά, εξυπηρετούν αρχιτεκτονικούς σκοπούς. Μία ομάδα εργασίας από το Εργαστήριο Εικονικής Πραγματικότητας του Πανεπιστημίου του Μίσιγκαν ανέπτυξε ένα εικονικό μοντέλο

για το νέο τερματικό σταθμό του Μητροπολιτικού Αεροδρομίου του Ντιτρόιτ, με τη βοήθεια της VRML. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα αυτού του εικονικού μοντέλου είναι ότι ο χρήστης μπορεί να περιηγηθεί μέσα σε αυτό σε πραγματικό χρόνο και να εξερευνά πολλές πτυχές του σχεδίου σε τρισδιάστατη προβολή (Beier, 2000). Η εφαρμογή αυτή αποδείχθηκε εξαιρετικά χρήσιμη, προσφέροντας στους αρχιτέκτονες και μηχανικούς ένα εργαλείο αξιολόγησης και ανάλυσης του σχεδιασμού ενώ παράλληλα επέτρεψε τη συνεργασία με άλλες ομάδες που συμμετείχαν στο έργο του σχεδιασμού του τερματικού σταθμού. Το Πανεπιστήμιο της Πολιτείας της Αϊόβα ανέπτυξε ένα εργαλείο εικονικού αρχιτεκτονικού σχεδιασμού (Virtual Architectural Design Tool - VADeT) που καθιστά δυνατό το αλληλεπιδραστικό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό. Το σύστημα αυτό παρέχει δυνατότητες CAD εντός ενός εικονικού περιβάλλοντος εμπύθισης. Επιπλέον, το σύστημα παρέχει εγχειρίδια επιλογών λειτουργίας, έτσι ώστε ο σχεδιαστής να μπορεί να μεταβάλλει και να δημιουργεί αρχιτεκτονικά πρωτογενή (πρότυπα) σχήματα (Hill et al, 1999). Η εφαρμογή αυτή αποτέλεσε μια νέα προσέγγιση στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό αφού επιτρέπει στους αρχιτέκτονες τη σταδιακή δημιουργία μοντέλων εντός ενός εικονικού περιβάλλοντος, χωρίς τη χρήση συμβατικών μεθόδων, όπως είναι το χαρτί.

Τα συστήματα εκπαίδευσης και προσομοίωσης μέσω ΕΠ αποτελούν ένα σημαντικό εργαλείο αφού οι χρήστες είναι σε θέση να αναπτύσσουν τις ικανότητές τους όπως θα έκαναν σε ένα πραγματικό περιβάλλον. Σήμερα, υπάρχουν πολλές εφαρμογές στους κλάδους της μηχανολογίας και των θεωρητικών επιστημών, οι οποίες καλύπτουν πολλούς επιμέρους τομείς. Οι τηλεπικοινωνιακές και οι κατασκευαστικές βιομηχανίες έχουν να επιδείξουν εντυπωσιακά παραδείγματα. Η *Motorola* επιχείρησε να χρησιμοποιήσει τα συστήματα αυτά, δημιουργώντας ένα εικονικό περιβάλλον κατάρτισης των υπαλλήλων της κατά την παραγωγική διαδικασία, προκειμένου να αποφύγει το κόστος που θα επέφερε το κλείσιμο μιας πραγματικής εγκατάστασης (Adams & Lang, 1995). Η αυτοκινητοβιομηχανία *BMW* επίσης χρησιμοποιεί συστήματα ΕΠ (εικόνα 6) για σκοπούς επαγγελματικής κατάρτισης. Πιο συγκεκριμένα, η βιομηχανία αυτή χρησιμοποιεί σενάρια εικονικής συναρμολόγησης για την κατάρτιση των υπαλλήλων της στη διαδικασία εγκατάστασης των κλειδαριών και των εξαρτημάτων ρύθμισης των παραθύρων των πορτών (Gomes & Backe, 1998; Gomez & Zachmann, 1999; Reiners et al, 1998). Τα αποτελέσματα της χρήσης αυτού του συστήματος κατάρτισης, επέδειξαν ότι η

ανίχνευση των συγκρούσεων κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης βελτίωσε σημαντικά την πραγματική συναρμολόγηση.



Εικόνα 6: Σύστημα εικονικής συναρμολόγησης της BMW

Η ιατρική κοινότητα του Ηνωμένου Βασιλείου έχει αναγνωρίσει τις δυνατότητες της ΕΠ και έχει προχωρήσει στην ανάπτυξη συστημάτων ΕΠ για την χειρουργική εκπαίδευση και προσομοίωση. Έρευνα του Πανεπιστημίου του Μάντσεστερ στο Βασιλικό Νοσοκομείο του Μάντσεστερ, κατέδειξε ότι οι εφαρμογές της ΕΠ αποτελούν χρήσιμα εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά στην ψυχιατρική, την αναισθησιολογία και την εντατική ιατρική φροντίδα. Τα συστήματα αυτά είναι κατάλληλα για την εκπαίδευση νοσοκόμων, φοιτητών ιατρικής και παραϊατρικών επαγγελματιών. Σύμφωνα με την ίδια έρευνα, ένα εκπαιδευτικό χειρουργικό σύστημα προσομοίωσης ΕΠ που αναπτύχθηκε αρχικά στη Βρετανία κυκλοφορεί με μεγάλη εμπορική επιτυχία και σε άλλες χώρες όπως η Σουηδία (McClóy & Stone, 2001).

Μια από τις πιο σημαντικές περιοχές όπου μπορεί να εφαρμοστεί η ΕΠ είναι η εκτέλεση μηχανολογικών και άλλων εργασιών, οι οποίες πρέπει να πραγματοποιηθούν σε επικίνδυνα περιβάλλοντα. Το είδος ΕΠ που εξυπηρετεί αυτό το σκοπό είναι η τηλεπαρουσία. Ένα καλό παράδειγμα χρήσης της τηλεπαρουσίας είναι η ανάπτυξη ενός συστήματος ΕΠ, όπου αυτόματα ρομπότ πραγματοποιούν εργασίες συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης. (Tezuka et al., 1994). Ο βραχίονας του ρομπότ καθοδηγείται από ένα γάντι δεδομένων. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής υπήρξαν ενθαρρυντικά. Ωστόσο, η χρονοκαθυστέρηση μεταξύ της κίνησης του ρομπότ και του γαντιού δεδομένων υπονόμωσε την αποτελεσματικότητά της εφαρμογής αυτής.

Η ενισχυμένη πραγματικότητα επιτρέπει στους χρήστες να λαμβάνουν άμεσα εικονικές πληροφορίες από τον πραγματικό κόσμο κατά την πραγματοποίηση μιας συγκεκριμένης εργασίας. Η Boeing χρησιμοποίησε έναν ειδικό τύπο *HMD* (εικόνα 7) προκειμένου ο χρήστης να μπορεί να βλέπει, ταυτόχρονα, κατά το σχεδιασμό, πραγματικά αντικείμενα, όπως διάφορα εξαρτήματα του αεροσκάφους και όλες τις απαραίτητες πληροφορίες. Η χρήση της εφαρμογής αυτής επέφερε σημαντική βελτίωση στο σχεδιασμό και τη διαδικασία συναρμολόγησης των αεροσκαφών. Ωστόσο, το πρόβλημα που προέκυψε ήταν ότι, λόγω της περιπλοκότητας της δομής του αεροσκάφους, οι υπάλληλοι έπρεπε να ανατρέχουν ανά πάσα στιγμή σε περίπλοκα σχέδια, με συνέπεια την καθυστέρηση της παραγωγικής διαδικασίας (Caudell & Mizzell, 1992).



Εικόνα 7: Σύστημα ενισχυμένης πραγματικότητας μέσω HMD της Boeing

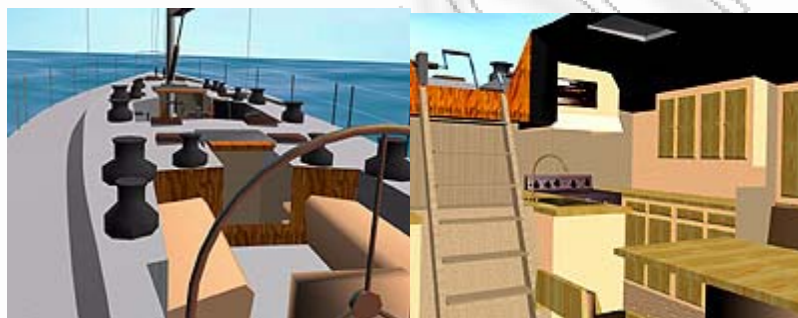
Χρησιμοποιώντας το ίδιο σύστημα, το *Ευρωπαϊκό Ερευνητικό Κέντρο Βιομηχανίας Υπολογιστών* (1992) βοήθησε τους μηχανικούς του κατά τη διάρκεια εργασιών συντήρησης και επισκευής, παρέχοντας τους ταυτόχρονα μεγάλο όγκο πληροφοριών.

7. Παραδείγματα εφαρμογών της ΕΠ στην Ναυτική Τεχνολογία

Οι εφαρμογές της ΕΠ χρησιμοποιούνται και στο κλάδο της Ναυτικής Τεχνολογίας. Τα διαθέσιμα παραδείγματα εφαρμογών ΕΠ αναφέρονται σε συστήματα εικονικής πρωτοτυποποίησης και εκπαιδευτικής προσομοίωσης, τα οποία χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σκαφών αναψυχής και πλοίων καθώς και για

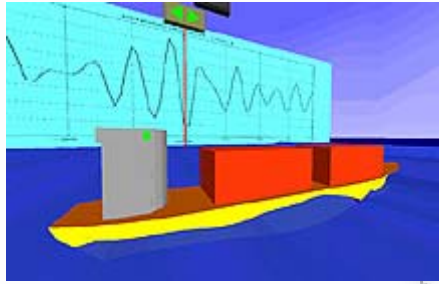
συστήματα προσομοίωσης για εκπαιδευτικούς σκοπούς αλλά και για θέματα ασφάλειας.

Το τμήμα Ναυπηγικής και Ναυτικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου του Μίσιγκαν, διεξήγαγε τρεις μελέτες σχετικά με τη χρήση των συστημάτων ΕΠ. Η πρώτη μελέτη διεξήχθη από φοιτητές οι οποίοι δημιούργησαν ένα εικονικό μοντέλο ιστοφόρου σκάφους αναψυχής (εικόνα 8). Η δημιουργία του σκάφους αναψυχής έγινε κατόπιν εξουσιοδότησης του σχεδιαστή του σκάφους ενώ σκοπός της εφαρμογής ήταν να αναδείξει μέσω της εικονικής παρουσίασης του πώς ένας σχεδιαστής σκαφών αναψυχής μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα εικονικό μοντέλο του σκάφους κατά την διάρκεια του σχεδιασμού για διαφημιστικούς σκοπούς. (Beier, 2000).



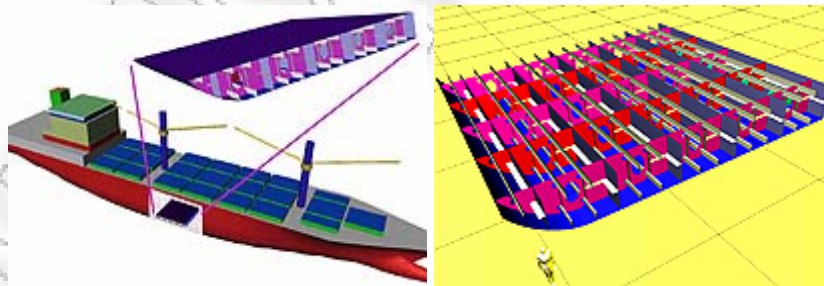
Εικόνα 8: Εικονικό σκάφος αναψυχής για διαφημιστικούς σκοπούς

Η δεύτερη εφαρμογή είχε να κάνει με τη δημιουργία ενός εικονικού πλοίου μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων υψηλής ταχύτητας (εικόνα 9). Σκοπός της εφαρμογής αυτής ήταν η τρισδιάστατη απεικόνιση και ο υπολογισμός της κίνησης και πιο συγκεκριμένα της δυναμικής συμπεριφοράς του πλοίου ενώ αυτό ταξιδεύει κόντρα στο κύμα, μέσω μιας γραμμικής ανάλυσης. Τα αποτελέσματα του υπολογισμού της δυναμικής συμπεριφοράς χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία κίνησης του εικονικού πλοίου. Το πρότυπο μοντέλο που δημιουργήθηκε μέσω της VRML, αποτελούταν από κινούμενα κύματα, το κύτος και την υπερκατασκευή του πλοίου καθώς και τον δείκτη των καμπτικών ροπών, μέσω γραφήματος το οποίο είχε τοποθετηθεί ως φόντο μέσα στο εικονικό περιβάλλον. Το γράφημα αυτό ταξιδεύει μαζί με το πλοίο και υποδεικνύει την υφιστάμενη ροπή κάμψης καθ' όλο το μήκος του πλοίου (Beier, 2000).



Εικόνα 9: Εικονικό μοντέλο πλοίου για τον υπολογισμό αντοχής.

Η τρίτη εφαρμογή είναι μια προσομοίωση (εικόνα 10) της διαδικασίας παραγωγής ενός πλοίου. Ειδικότερα, η εφαρμογή απεικονίζει την σειρά και τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η συναρμολόγηση ενός διπύθμενου ενός φορτηγού πλοίου μεταφοράς χύδην φορτίου (Bulk Carrier), βασισμένη σε μια τυπική διαδικασία που ακολουθείται σε ένα πραγματικό ναυπηγείο. Η μελέτη που αφορούσε την εφαρμογή αυτή κατέδειξε ότι, ταξιδεύοντας στον εικονικό κόσμο, το μοντέλο αποκάλυψε αρκετά σφάλματα που οφείλονταν το αρχικό μοντέλο *CAD* κατά τα πρώτα στάδια του σχεδιασμού του πλοίου. Η εφαρμογή αποτέλεσε ένα καλό εργαλείο μελέτης των διαφόρων σταδίων της παραγωγής του πλοίου, όπως είναι η συναρμολόγηση των μεταλλικών μερών, οι συγκρούσεις μεταξύ τους που πιθανόν να προκύψουν κατά την διαδικασία παραγωγής, των απαιτούμενων εργασιών συγκόλλησης και των χειρισμών που απαιτούνται κατά την χρήση ανυψωτικών μηχανημάτων (γερανών).



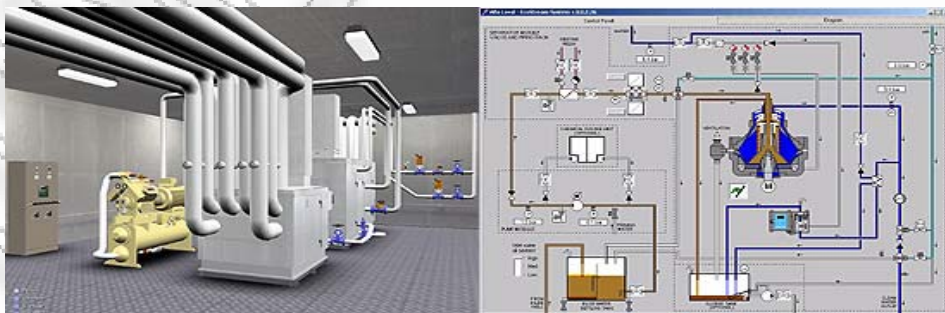
Εικόνα 10: Εικονική συναρμολόγηση του πυθμένα ενός φορτηγού πλοίου

Το Νορβηγικό Ερευνητικό Ινστιτούτο Ναυτικής Τεχνολογίας (Marintek) ανέπτυξε ένα σύστημα προσομοίωσης ΕΠ, το *NAUTSIM*, το οποίο χρησιμοποιείται για την προσομοίωση του χειρισμού πλοίων σε ύδατα με μεγάλη κυκλοφοριακή συμφόρηση. Το *NAUTISM* περιλαμβάνει ένα τρισδιάστατο μοντέλο επιβατηγού πλοίου το οποίο παρέχει στους χρήστες έναν αριθμό σεναρίων πλοήγησης με σκοπό την εκπαίδευση του πληρώματος γεφύρας για τον ασφαλή χειρισμό των επιβατηγών

οχηματαγωγών υψηλής ταχύτητας. Ο συγκεκριμένος προσομοιωτής μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στο αρχικό στάδιο του σχεδιασμού των συγκεκριμένων πλοίων για την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών στα συστήματα ελέγχου ναυσιπλοΐας. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο ανάλυσης της απόδοσης και λειτουργίας περίπλοκων ναυτικών συστημάτων ναυσιπλοΐας (Jullumstro et al, 2001).

Μία άλλη ομάδα του τμήματος Ναυπηγικής του Πανεπιστημίου της Νέας Ορλεάνης δημιούργησε ένα πρόγραμμα με το όνομα Ναυτικός Εικονικός Βοηθός (Marine Virtual Assistant -*MaViAs*). Πρωταρχικό μέλημα του προγράμματος είναι η βελτίωση της ναυτικής εκπαίδευσης και των μεθόδων κατάρτισης και ειδικότερα, η βελτίωση της υφιστάμενης διαδικασίας κατανομής εργασιών μεταξύ των μελών του πληρώματος, των μηχανικών και άλλων συστημάτων του πλοίου. Μια προσέγγιση του προγράμματος για την ανάπτυξη ενός προηγμένου συστήματος ναυτικής εκπαίδευσης, ήταν η δημιουργία ενός εικονικού προσομοιωτή χρησιμοποιώντας την VRML, μέσω του οποίου ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδρά με διάφορα συστήματα και λειτουργίες του πλοίου.

Το επόμενο παράδειγμα προέρχεται από μια εταιρία η οποία ειδικεύεται σε λογισμικά ΕΠ με σκοπό την κατάρτιση. Η εταιρία με την ονομασία *PC Maritime*, σχεδίασε ένα εικονικό μηχανοστάσιο (εικόνα 11) για τη δημιουργία ενός αποτελεσματικού προσομοιωτή χαμηλού κόστους. Ο προσομοιωτής σχεδιάστηκε για την κατάρτιση των φοιτητών σε κέντρα ναυτικής εκπαίδευσης και ναυτικά κολέγια. Το εικονικό μηχανοστάσιο αποτελείται από ένα δίχρονο κινητήρα χαμηλών στροφών και όλα τα βοηθητικά μηχανήματα αυτού. Το σύστημα αυτό αποδείχθηκε ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο και βοήθησε τους φοιτητές να κατανοήσουν καλύτερα το σχεδιασμό αλλά και τον τρόπο λειτουργίας ολόκληρου του μηχανοστασίου.



Εικόνα 11: Εικονικός προσομοιωτής μηχανοστασίου πλοίου

Όσον αφορά τον τομέα ναυπήγησης και πιο συγκεκριμένα την διαχείριση μεγάλων έργων ναυπήγησης πλοίων, η εταιρία *Wallem ship management* που

δραστηριοποιείται στην παροχή ναυτιλιακών υπηρεσιών χρησιμοποιεί μια εικονική μέθοδο για την διαδικασία διοίκησης της παραγωγής καθώς επίσης και για την εκπαίδευση των ναυτικών. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιεί λογισμικά πακέτα *CAD* και συστήματα *EΠ* για να δημιουργήσει ένα ρεαλιστικό και δυναμικά κινούμενο μοντέλο πλοίου το οποίο προβάλλεται μέσω της οθόνης ενός Η/Υ. Τα κινούμενα τρισδιάστατα μοντέλα του πλοίου μπορούν να προβληθούν μέσω του *Παγκόσμιου Ιστού*, επιτρέποντας την αλληλεπίδραση του χρήστη με το μοντέλο και την επισήμανση συγκεκριμένων σημείων του πλοίου. Το σύστημα αυτό, υπό το όνομα *Εικονικό Σκάφος (Virtual Vessel)* αποδείχθηκε πολύ χρήσιμο, επιτρέποντας στους ιδιοκτήτες ναυτιλιακών εταιριών από διαφορετικές χώρες να παρέχουν στα πληρώματα τους αξιόπιστη εκπαίδευση παρέχοντας αυξημένη ροή πληροφοριών που απαιτείται για την εκπαίδευση αυτή σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Σύμφωνα με το *Marine Engineering Review* (2001), η *Wallem* παρήγαγε αυτό το εικονικό της σκάφος με σκοπό την κατάρτιση και εξοικείωση των πληρωμάτων όλων των ειδών των πλοίων πριν από την επιβίβασή τους στο πλοίο. Σήμερα η *Wallem* παρέχει στους πελάτες της προηγμένα συστήματα εξομοίωσης για τα πληρώματα γέφυρας με ένα μεγάλο εύρος πραγματικών σεναρίων πλοήγησης, αντιμετώπισης εκτάκτων αναγκών, καταπολέμησης πυρκαγιάς, υγιεινής και ασφάλειας, διαχείριση έρματος και διαχείριση αποβλήτων. Επίσης διαθέτει συστήματα εξομοίωσης μηχανοστασίου παρέχοντας στου μηχανικούς του πλοίου μια πλήρη εξοικείωση με όλες της κύριες και βοηθητικές λειτουργίες ενός πραγματικού μηχανοστασίου.

8. ΕΠ και Εκπαίδευση

Ένα από τα βασικά εργαλεία εκμάθησης αποτελούσε ανέκαθεν η μελέτη της βιβλιογραφίας. Σήμερα, αυτός ο τρόπος εκμάθησης θεωρείται παραδοσιακός, αφού η επιστήμη των υπολογιστών έχει προσφέρει καινοτόμες μεθόδους διδασκαλίας και μάθησης. Η τεχνολογία των υπολογιστών προσφέρει μια ιεραρχική διαμόρφωση της γνώσης. Η γνώση αυτή έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη μαθησιακή απόδοση των μαθητών σε σχέση με την παραδοσιακή βιβλιογραφία (Mikropoulos, 1995). Οι υπολογιστές και οι ΕΠ αποτελούν έναν ισχυρό τεχνολογικό συνδυασμό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Μία από τις σημαντικότερες πτυχές της μαθησιακής διαδικασίας είναι η δραστηριότητα των μαθητών, η οποία καθορίζει το περιεχόμενο και τη μέθοδο

διδασκαλίας. Κατά τη διάρκεια μιας διάλεξης ο ρόλος του μαθητή είναι παθητικός αφού η μαθησιακή διαδικασία εκτελείται μέσω λέξεων και στατικών εικόνων. Η μόνη αλληλεπίδραση που είναι εφικτή είναι αυτή μεταξύ του μαθητή και του διδάσκοντος. Σε αυτό το σημείο είναι που επεμβαίνει η ΕΠ. Χάρη στη χρήση της ΕΠ κατά τη διδασκαλία, ο μαθητής γίνεται ενεργός παράγοντας και βιώνει μια θετική συναισθηματική αντίδραση (Bricken, 1990). Επιπλέον, κάθε πληροφορία που περιέχεται στη βιβλιογραφία μπορεί να δοθεί στον μαθητή ως μια εικονική εμπειρία. Αυτή η μέθοδος μετάδοσης πληροφοριών στους μαθητές είναι συμβατή προς τη χρήση της βιβλιογραφίας στην εκπαίδευση ενώ τα χαρακτηριστικά της είναι τα ίδια με εκείνα ενός καλού δασκάλου. Κάποια από τα κύρια πλεονεκτήματα της εφαρμογής της ΕΠ στην εκπαίδευση είναι η πυκνότητα των πληροφοριών, η διαδραστικότητα και η δεκτικότητα, η εξοικονόμηση χρόνου και το αυξημένο επίπεδο συμμετοχής των μαθητών (Bricken, 1990; Byrne, 1990).

Η ΕΠ αποτελεί στις μέρες μας ένα σύγχρονο εκπαιδευτικό εργαλείο. Υπάρχουν διάφορες ερευνητικές μελέτες οι οποίες σήμερα επεκτείνονται και εξετάζουν τις εφαρμογές της ΕΠ στην εκπαίδευση. Οι μελέτες αυτές μέσω κάποιων εφαρμογών εστιάζονται στην ανάπτυξη συστημάτων ΕΠ, κατάλληλων να χρησιμοποιηθούν ως εκπαιδευτικά εργαλεία σε κάθε εκπαιδευτικό επίπεδο.

Το *Εργαστήριο Εικονικής Πραγματικότητας και Εκπαίδευσης* του Πανεπιστημίου της Ανατολικής Καρολίνα στις ΗΠΑ, υπό την επίβλεψη της Δρ. Βερόνικα Παντελίδη, ασχολείται με τη χρήση της ΕΠ ως εκπαιδευτικό εργαλείο σε σχολεία πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Stangel & Pantelidis, 1997). Κύριος στόχος της έρευνας είναι ο καθορισμός της αποτελεσματικότητας του εργαλείου αυτού με πλήρη εφαρμογή στους μαθητές μέσω της ανάπτυξης εικονικών εκπαιδευτικών περιβαλλόντων. Το λογισμικό (*Virtus*) που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία των περιβαλλόντων είναι εύκολο να χρησιμοποιηθεί από τους μαθητές προκειμένου να δημιουργήσουν τους δικούς τους εικονικούς κόσμους. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της παραπάνω έρευνας είναι η εφαρμογή που πραγματοποιήθηκε σε ένα δημοτικό σχολείο της Βόρειας Καρολίνα. Το κίνητρο για την εφαρμογή της έρευνας αυτής ήταν μαθητές με χαμηλούς βαθμούς και δυσκολίες στα μαθηματικά. Στους μαθητές αυτούς ζητήθηκε να δημιουργήσουν, χρησιμοποιώντας το λογισμικό *Virtus*, ένα εικονικό κατάλυμα πάνω σε έναν πλανήτη όπου θα μπορούσαν να φιλοξενήσουν κάποιους επιστήμονες με τις οικογένειές τους. Αξιολογώντας τα αποτελέσματα του προγράμματος, αποδείχθηκε ότι οι μαθητές είχαν επαρκή αντίληψη του

τρισδιάστατου κόσμου και καλή κατανόηση των βασικών αναγκών επιβίωσης. (Stangel & Pantelidis, 1997).

Ο William Winn και η ερευνητική του ομάδα στο *Τεχνολογικό εργαστήριο Ανθρώπινης Αλληλεπίδρασης (Human Interface Technology Laboratory - HITL)* του Πανεπιστημίου της Ουάσινγκτον, εργάζονται πάνω στη δημιουργία, ανάπτυξη και αξιολογική ανάλυση των εικονικών περιβαλλόντων σε όλα τα εκπαιδευτικά στάδια. Η ομάδα του χρησιμοποιεί προηγμένα συστήματα ΕΠ εμπύθισης τα οποία περιλαμβάνουν περιφερειακές μονάδες όπως *HMD* και γάντια δεδομένων για τη δημιουργία εικονικών περιβαλλόντων. Ένα παράδειγμα της παραπάνω μελέτης είναι τα Οχήματα Περιπλάνησης Εικονικής Πραγματικότητας (*Virtual Reality Roving Vehicles - VRRV*), όπου μαθητές, ερευνητές και διδάσκοντες συνεργάζονται για τη δημιουργία εικονικών κόσμων. Κατά τη διάρκεια του προγράμματος, οι μαθητές αρχικά δημιουργούν τρισδιάστατα μοντέλα, χρησιμοποιώντας συστήματα CAD, τα οποία, στη συνέχεια τοποθετούνται σε ένα εικονικό περιβάλλον. Οι μαθητές εμπυθίζονται μέσα στο εικονικό περιβάλλον, μελετούν και αλληλεπιδρούν με τα ήδη υπάρχοντα τρισδιάστατα μοντέλα. Τα αποτελέσματα των εμπειρικών μελετών του προγράμματος αυτού, όσον αφορά την εμπειρία των φοιτητών που αποκτήθηκε κατά την χρήση του προγράμματος αυτού, υπήρξαν ενθαρρυντικά. (Winn, 1993)

Μία άλλη ομάδα, από το Πανεπιστήμιο George Mason των ΗΠΑ, υπό την επίβλεψη του Chris Dede, ανέπτυξε το πρόγραμμα *ScienceSpace*. Το πρόγραμμα περιλάμβανε τη δημιουργία εικονικών περιβαλλόντων για την κατανόηση των θεμελιωδών αρχών της φυσικής. Η ομάδα χρησιμοποιούσε συστήματα εικονικής εμπύθισης για τη δημιουργία αλληλεπιδράσεων οι οποίες δεν είναι εφικτές στον πραγματικό κόσμο. (Dede et al, 1996). Σε μια χαρακτηριστική εφαρμογή των συστημάτων αυτών, οι μαθητές, εξοπλισμένοι με *HMD* και γάντια δεδομένων είναι σε θέση να αλληλεπιδράσουν με αντικείμενα τα οποία υπακούουν στους νόμους του Νεύτωνα, όπως η βαρύτητα και η τριβή. Η μελέτη έδειξε ότι τα αποτελέσματα της εφαρμογής που σχετίζονται με την κατανόηση των νόμων του Νεύτωνα, ήταν ενθαρρυντικά, καθώς οι μαθητές βρισκόμενοι μέσα στο εικονικό τρισδιάστατο περιβάλλον είχαν την διάθεση να εξακολουθούν να βρίσκονται μέσα σε αυτό και να ασχοληθούν με τα φυσικά φαινόμενα, γεγονός το οποίο δεν θα μπορούσε να επιτευχθεί σε ένα πραγματικό περιβάλλον με τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας.

Στην Ελλάδα, μια ομάδα του τμήματος Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων εργάζεται πάνω στο σχεδιασμό εικονικών μαθησιακών περιβαλλόντων κυρίως για την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Η ομάδα, που ονομάζεται *EARTH*, απαρτίζεται από επιστήμονες διαφόρων κλάδων οι οποίοι βρίσκονται σε άμεση συνεργασία και με άλλες πανεπιστημιακές σχολές, όπως το τμήμα Μαθηματικών του Πανεπιστημίου Πατρών και του Πανεπιστημίου του Νότινγκαμ του Ηνωμένου Βασιλείου. Ο κύριος στόχος της ομάδας *EARTH* είναι ο σχεδιασμός ενός μικρού κόστους προγράμματος ΕΠ αποτελούμενου από συσκευές και λογισμικά ΕΠ τα οποία προορίζονται για χρήση μέσα στην τάξη. Η ομάδα έχει συμμετάσχει σε αρκετά ερευνητικά προγράμματα σε επιστημονικούς κλάδους όπως η γεωγραφία, η περιβαλλοντική εκπαίδευση και οι φυσικές επιστήμες (Μικροπούλος, 1996).

Επίσης, μπορούν να αναφερθούν παραδείγματα χρήσης της ΕΠ ως εκπαιδευτικό εργαλείο με χαμηλότερο πειραματικό υπόβαθρο. Σύμφωνα με το περιοδικό *Institute for Design Research and Outreach* (1998), μια ομάδα του τμήματος Αρχιτεκτονικής του Πανεπιστημίου της Πολιτείας της Αϊόβα των ΗΠΑ, ανέπτυξε μια εικονική βιβλιοθήκη εμπύθισης η οποία περιλαμβάνει διάσημα ανά το κόσμο αρχιτεκτονικά κτήρια, όπως ο Παρθενώνας. Το επίκεντρο του προγράμματος ήταν η ανάπλαση των κτιρίων στην αρχική τους μορφή μέσω της ΕΠ. Τα εικονικά αυτά κτήρια χρησιμοποιήθηκαν σε προπτυχιακά μαθήματα της ιστορίας της αρχιτεκτονικής στο Πανεπιστήμιο της Πολιτείας της Αϊόβα καθώς επίσης και σε διεθνή διαδικτυακά μαθήματα. Η εικονική βιβλιοθήκη παρέχει ένα εικονικό περιβάλλον περιήγησης και προβολής του εσωτερικού των κτιρίων στην αρχική ή υποτιθέμενη μορφή τους. Η εικονική απεικόνιση ιστορικών κτιρίων αποδείχθηκε χρήσιμο εκπαιδευτικό εργαλείο που επιτρέπει στους φοιτητές να αντιλαμβάνονται τις βασικές αρχές σχεδιασμού, τις μεθόδους και τις διαδικασίες που διέπουν τις διάφορες αρχιτεκτονικές κουλτούρες και περιόδους, οι οποίες, σε αντίθετη περίπτωση, δεν θα μπορούσαν να γίνουν εύκολα αντιληπτές.

Ωστόσο, στον τομέα της Ναυτικής Τεχνολογίας δεν βρέθηκαν εφαρμογές της ΕΠ ως εκπαιδευτικό εργαλείο σε Πανεπιστήμια, πέραν αυτού του Πανεπιστημίου της Νέας Ορλεάνης στις ΗΠΑ, στο οποίο αναφερθήκαμε παραπάνω. Εντούτοις, οι τρεις εφαρμογές του Πανεπιστημίου του Μίσιγκαν, οι οποίες αφορούσαν το σχεδιασμό ενός σκάφους αναψυχής, ενός πλοίου μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων και ενός φορτηγού πλοίου, μπορούν να θεωρηθούν ότι εξυπηρετούν, αν και εμμέσως,

εκπαιδευτικούς σκοπούς. Αυτό οφείλεται στο ότι τα συγκεκριμένα προγράμματα σχεδιάστηκαν περισσότερο για την κατάρτιση όλων των εμπλεκομένων στην κατασκευή αλλά και την λειτουργία ενός πλοίου, παρά για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

9. Η Αξία της Εικονικής Πραγματικότητας

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης συστημάτων ΕΠ στα προαναφερθέντα επιστημονικά πεδία είναι σαφή, εφόσον λάβουμε υπόψη τα αποτελέσματα των εφαρμογών και των ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί έως σήμερα. Η ΕΠ εξοικονομεί χρήμα και χρόνο, βελτιώνει τις ικανότητες υπαλλήλων, πιλότων ή μαθητών, ενισχύει την επικοινωνία και την εισροή πληροφοριών σε πολλούς τομείς και αποτελεί χρήσιμο εργαλείο συνεργασίας. Ωστόσο, τα παραπάνω αποτελούν περισσότερο πρακτική παρά πειραματική μέθοδο περιγραφής των γενικών πλεονεκτημάτων της ΕΠ. Πειραματικά, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης της μπορούν να καθοριστούν με μεγαλύτερη σαφήνεια.

Μια ομάδα των τμημάτων πληροφορικής και ηλεκτρολόγων και μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Heriot-Watt του Εδιμβούργου στο Ηνωμένο Βασίλειο (Day et al, 2001) προχώρησε σε μια πειραματική σύγκριση μεταξύ δύο πειραματικών προσεγγίσεων όσον αφορά την ποσότητα και τη φύση των παραγόμενων δεδομένων που προέκυψαν. Η εργασία περιγράφει δύο είδη πειραμάτων επί του ανθρώπινου παράγοντα τα οποία έγιναν το ένα σε πραγματικό και το άλλο σε εικονικό περιβάλλον με σκοπό την κατανόηση των επιπτώσεων της οπτικής καθυστέρησης η οποία προκαλεί την μείωση της απόδοσης του χειριστή. Το πείραμα, το οποίο πραγματοποιήθηκε στον πραγματικό κόσμο, περιελάμβανε τριάντα άτομα τα οποία έπρεπε να οδηγήσουν ένα τηλεχειριζόμενο τροχοφόρο όχημα κατά μήκος μιας τροχιάς. Το όχημα ήταν εξοπλισμένο με βιντεοκάμερες για την μετάδοση εικόνας σε πραγματικό χρόνο προς στα άτομα που τα χειρίζονταν, τα οποία έπρεπε να οδηγήσουν το όχημα εντός των ορίων της τροχιάς έως ότου φθάσουν το στόχο που βρισκόταν στο τέρμα της τροχιάς. Οι χρονικά καθυστερημένες εικόνες δημιουργούνταν από υπολογιστή. Αντικείμενο των μετρήσεων ήταν ο χρόνος που απαιτούνταν για την ολοκλήρωση της οδήγησης και τα σφάλματα που προέκυπταν όσον αφορά τη θέση του οχήματος. Όλες οι χρονομετρήσεις έγιναν με συμβατικό ρολόι. Το πείραμα που έγινε χρησιμοποιώντας ΕΠ (προσομοιωτή) είχε τον ίδιο στόχο με το πραγματικό και οι μετρήσεις που έγιναν, από τον υπολογιστή αυτή τη φορά,

αποδείχθηκαν παρόμοιες. Τα αποτελέσματα της σύγκρισης κατέδειξαν ότι οι αυτοματοποιημένες μετρήσεις του προσομοιωτή ΕΠ, παρήγαγαν πολύ περισσότερα σαφή δεδομένα από ό,τι το πείραμα στο πραγματικό περιβάλλον (στον πραγματικό κόσμο μπόρεσαν να πραγματοποιηθούν μόνο τέσσερα είδη μετρήσεων, σε αντίθεση με τα 10 που έγιναν στον προσομοιωτή). Ένα άλλο ενδιαφέρον συμπέρασμα του πειράματος ήταν ότι όλοι οι παράγοντες σύγχυσης του πραγματικού πειράματος, όπως η ολίσθηση των τροχών του οχήματος, επηρέαζαν την ακρίβεια των μετρήσεων. Αυτοί οι παράγοντες σύγχυσης, οι οποίοι μπορούν να θεωρηθούν παρόμοιοι με τις πειραματικές μεταβλητές του προσομοιωτή, μπορούσαν να εξαλειφθούν εφόσον ο χρήστης ήταν σε θέση να ελέγξει τις μεταβλητές αυτές. Επιπλέον, οι συγγραφείς σημείωσαν ότι δεδομένα, παρόμοια με αυτά που ανακτήθηκαν στο εικονικό περιβάλλον θα μπορούσαν να ανακτηθούν και στο πραγματικό, εφόσον χρησιμοποιούταν πρόσθετος εξοπλισμός, ο οποίος πιθανώς να κόστιζε περισσότερο από ό,τι ο προσομοιωτής ΕΠ.

Όσον αφορά τη χρήση της ΕΠ ως εκπαιδευτικό εργαλείο, υπάρχουν ορισμένα πειράματα τα οποία κατέδειξαν τα πλεονεκτήματα της ΕΠ. Η ΕΠ βοηθά τον μαθητή να αντιληφθεί ορισμένα σημαντικά ζητήματα όσον αφορά την διαμόρφωση της γνώσης και να προβεί σε σημαντικά επιστημονικά συμπεράσματα σχετικά με το αντικείμενο που μελετά. Τα πειράματα προσπάθησαν να αποδείξουν την παραπάνω γενική παραδοχή αξιολογώντας τους νοητικούς χειρισμούς των μαθητών κατά τη διάρκεια μιας εργασίας ΕΠ. Το πρώτο πείραμα (Antonietti & Cantoina, 2000) συμπεριλάμβανε σαράντα προπτυχιακούς φοιτητές οι οποίοι κλήθηκαν είτε να συλλογισθούν σχετικά με ένα αντικείμενο στον πραγματικό κόσμο, είτε να εμβυθιστούν σε ένα περιβάλλον ΕΠ. Στην πρώτη περίπτωση, οι φοιτητές βρέθηκαν μπροστά στη δισδιάστατη αναπαραγωγή ενός άγνωστου πίνακα ζωγραφικής ενώ στη δεύτερη, εμβυθίστηκαν μέσα σε ένα εικονικό περιβάλλον το οποίο απεικόνιζε μια εικονική περιήγηση εντός του ίδιου πίνακα. Μετά το πείραμα, οι φοιτητές κλήθηκαν να απαντήσουν σε τέσσερις ερωτήσεις: να προτείνουν έναν τίτλο για τον πίνακα, να αποδώσουν το νόημά του, να καταθέσουν ερωτήσεις σχετικά με αυτόν και να γράψουν ένα σχόλιο. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων του πειράματος αποκάλυψε ότι οι φοιτητές που είχαν εμβυθιστεί στην ΕΠ επηρεάστηκαν τόσο πολύ, με αποτέλεσμα να αναρωτιούνται το γιατί και το πώς κάτι βρίσκεται μπροστά τους παρά για το τι αντικρίζουν. Στην περίπτωση του πραγματικού περιβάλλοντος, οι φοιτητές κατέθεσαν τίτλους και σχόλια περισσότερο βασισμένα σε καλλιτεχνικές ερμηνείες από ό,τι οι

φοιτητές που εμβυθίστηκαν στην ΕΠ. Το γενικό συμπέρασμα του πειράματος ήταν ότι η ΕΠ προσφέρει μαθησιακές δυνατότητες με πιο αυθόρμητο τρόπο.

Ένα άλλο πείραμα προέρχεται από το Τεχνολογικό Εργαστήριο Ανθρώπινης Αλληλεπίδρασης του Πανεπιστημίου της Ουάσινγκτον των ΗΠΑ. Στην μεταπτυχιακή του εργασία, ένας φοιτητής (Hullfish, 1996) περιγράφει ένα πείραμα το οποίο διεξήχθη προκειμένου να διαπιστωθεί πόσο πραγματική είναι η ΕΠ. Το πείραμα περιελάμβανε τρία περιβάλλοντα. Ένα πραγματικό περιβάλλον, το οποίο αποτελούνταν από ένα δωμάτιο, ένα φανταστικό περιβάλλον, αποτελούμενο από το ίδιο δωμάτιο και ένα εικονικό περιβάλλον, το οποίο αποτελούσε την προσομοίωση του πραγματικού. Σε καθένα από αυτά τα περιβάλλοντα, τέσσερα άτομα καλούνταν να απομνημονεύσουν ένα σύνολο μοναδικών αντικειμένων που βρίσκονταν στα περιβάλλοντα ενώ περιηγούνταν μέσα σε ένα μονοπάτι. Σκοπός του πειράματος ήταν η μέτρηση της ποιότητας της εμπειρίας που αποκτήθηκε σε καθένα από τα παραπάνω περιβάλλοντα. Τα αποτελέσματα απέδειξαν ότι οι μνήμες όσων ατόμων υποβλήθηκαν στο πραγματικό και το εικονικό περιβάλλον ήταν παρόμοιες. Το γενικό συμπέρασμα επομένως ήταν ότι η ΕΠ αποτελεί μια πειστική μίμηση του πραγματικού κόσμου.

Όσον αφορά τον τομέα της κατάρτισης στο βιομηχανικό κλάδο μια πρόσφατη έρευνα κατέδειξε την αξία της ΕΠ. Πιο συγκεκριμένα, η έρευνα που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της εφαρμογής ενός Έξυπνου Συστήματος Εικονικής πρωτοτυποποίησης με σκοπό να καταρτίσει εργαζόμενους σε εργασίες κοπής σε αυτόματες εργαλειομηχανές CNC. Το πρακτικό σκέλος της εργασίας αυτής αναφέρεται στην παροχή προς του εργαζόμενους οδηγιών για συγκεκριμένες εργασίες κοπής, προβαίνοντας σε μια σύγκριση μεταξύ δυο μεθόδων παροχής οδηγιών, αυτή του εικονικού συστήματος και αυτή του παραδοσιακού συστήματος μέσω ενός εγχειρίδιου οδηγιών. Μετά από τη λήψη των πληροφοριών μέσω των μεθόδων αυτών, οι εργαζόμενοι υποβλήθηκαν σε μία δοκιμασία πραγματικής κοπής σε αυτόματη εργαλειομηχανή με σκοπό να εξαχθούν μετρίσιμα επιστημονικά συμπεράσματα. Η μέτρηση των παραμέτρων κατά την διαδικασία κοπής όπως είναι τα λάθη που έγιναν, ο χρόνος που χρειάστηκε για να ολοκληρωθεί η διαδικασία και η ποιότητα του τελικού αποτελέσματος της διαδικασίας, έδειξαν ότι οι εργαζόμενοι ο οποίοι δέχτηκαν τις οδηγίες κοπής μέσω του συστήματος εικονικής πρωτοτυποποίησης, υπέπεσαν σε λιγότερα λάθη κατά την διαδικασία κοπής και ότι ο χρόνος αποπεράτωσης της διαδικασίας είχε σημαντικά μειωθεί σε αντίθεση με τους εργαζόμενους οι οποίοι είχαν διαβάσει τις οδηγίες στο εγχειρίδιο (Su, 2007)

Τα παραπάνω πειράματα αποτελούν σαφείς ενδείξεις των πλεονεκτημάτων της ΕΠ. Ωστόσο, οι πειραματικές αυτές προσεγγίσεις κατέδειξαν και ορισμένα μειονεκτήματα. Ένα από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα αφορά την εμπειρία που απαιτείται για τη χρήση λογισμικού ΕΠ. Η δημιουργία ενός εικονικού περιβάλλοντος για την εξυπηρέτηση ενός συγκεκριμένου σκοπού, απαιτεί σημαντικές δεξιότητες και προσπάθειες από το συγγραφέα/χρήστη. Η προϋπόθεση αυτή γίνεται πιο επιτακτική σε περιπτώσεις εφαρμογών ΕΠ από τις οποίες εξάγονται επιστημονικά συμπεράσματα, τα οποία θα πρέπει να είναι όσο τον δυνατόν πιο ακριβή. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι η επένδυση που απαιτείται για τη δημιουργία μιας εργασίας ή ενός συστήματος ΕΠ. Ο εξοπλισμός που απαιτείται για αυτή μπορεί να είναι ακριβός, ιδιαίτερα σε περίπτωση χρήσης συστημάτων εμπύθισης. Τέτοια συστήματα ΕΠ περιλαμβάνουν ένα σύνολο από ακριβό υλικό εξοπλισμό όπως HMD, γάντια δεδομένων, συσκευές ανίχνευσης θέσης κ.α. Για την αποφυγή του μεγάλου κόστους που συνεπάγεται η χρήση των εμπυθιστικών συστημάτων, μια καλή λύση είναι η χρήση συστημάτων ΕΠ μέσω της επιφάνειας εργασίας ενός υπολογιστή (μη εμπυθιστικά συστήματα). Ωστόσο, σε ορισμένες εργασίες όπου απαιτείται προσομοίωση είτε ενισχυμένη πραγματικότητα, τα συστήματα αυτά δεν προσφέρουν προηγμένα χαρακτηριστικά ΕΠ, με απλά λόγια δεν είναι σε μεγάλο βαθμό ρεαλιστικά. Τα συστήματα ΕΠ μέσω της επιφάνειας εργασίας είναι καταλληλότερα για εργασίες που αφορούν εργασίες ή εφαρμογές εικονικής πρωτοτυποποίησης.

2

Δημιουργώντας το Εικονικό Ναυπηγείο

2.1. Η γενική διαδικασία

2.1.1 Η αρχική σύλληψη του θέματος

Η αρχική σκέψη για το πρακτικό μέρος αυτής της διπλωματικής εργασίας, πέραν της θεωρητικής προσέγγισης που πραγματοποιήθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ήταν η εικονική απεικόνιση ενός πραγματικού ναυπηγείου και πιο συγκεκριμένα τα Ελληνικά Ναυπηγεία Σκαραμαγκά με σκοπό την πιθανή μελλοντική προβολή του σε φοιτητές του τμήματος των Ναυτιλιακών σπουδών. Στην ουσία θα αποτελούσε αρχικά την τρισδιάστατη σχεδίαση όλων των τμημάτων του Ναυπηγείου με πραγματικές διαστάσεις υπό κλίμακα και κατόπιν η μετατροπή αυτών σε τρισδιάστατο εικονικό μοντέλο ολόκληρου του Ναυπηγείου, μέσω της VRML. Ωστόσο, κατά την πορεία εκπόνησης της εργασίας παρουσιάστηκαν κάποια προβλήματα όσον αφορά την χρησιμοποίηση των απαιτούμενων στοιχείων που αφορούσαν κυρίως τις διαστάσεις των εγκαταστάσεων του Ναυπηγείου και την χωροταξική διάταξη του αυτού. Γι' αυτό το λόγο, σε συνεργασία με τον επιβλέποντα Καθηγητή αποφασίστηκε η σχεδίαση και δημιουργία ενός εικονικού μοντέλου μιας πλωτής δεξαμενής, τύπος της οποίας συναντάται στα περισσότερα Ναυπηγεία του κόσμου. Αξίζει να σημειωθεί το γεγονός ότι πέραν τούτου, μια εναλλακτική σκέψη ήταν να σχεδιαστεί ένα φανταστικό (μη υπαρκτό Ναυπηγείο) το οποίο δεν θα απαιτούσε τις πληροφορίες που προαναφέρθηκαν. Ωστόσο, αυτή η σκέψη εγκαταλείφτηκε λόγω του ότι ο αρχικός σχεδιασμός ενός Ναυπηγείου με όλο τον εξοπλισμό του και με σωστή χωροταξική διάταξη των τμημάτων του αποτελεί μια ιδιαίτερα μεγάλης έκτασης μελέτη που θα μπορούσε να αποτελέσει από μόνη της ένα πιθανό αντικείμενο διατριβής. Καταλήγοντας, ένας επιπλέον λόγος που οδήγησε στην απόφαση αυτή είναι ότι, παρ' όλο που θα ήταν σχετικά εύκολο να σχεδιαστεί ένα φανταστικό Ναυπηγείο χωρίς να δίνεται έμφαση στα προηγούμενα, ο φοιτητής θα

πρέπει να έχει μια όσο το δυνατόν αντικειμενικότερη άποψη για το πώς πρέπει να είναι ένα Ναυπηγείο, κάτι το οποίο δεν θα γίνονταν σε αντίθετη περίπτωση.

2.1.2 Τα στάδια της διαδικασίας σχεδίασης και δημιουργίας

Η γενική διαδικασία για τον σχεδιασμό και την δημιουργία του εικονικού Ναυπηγείου, χωρίζεται στα παρακάτω στάδια:

- Υλοποίηση του αρχικού σχεδιασμού της πλωτής δεξαμενής.
- Δημιουργία τρισδιάστατου μοντέλου της πλωτής δεξαμενής
- Παραγωγή του κώδικα της VRML
- Δημιουργία του εικονικού περιβάλλοντος της πλωτής δεξαμενής
- Τροποποίηση του κώδικά προγραμματισμού της VRML για την δημιουργία πρόσθετων χαρακτηριστικών στην εικονική δεξαμενή (χρώμα, φωτισμός, διαφορετικές θέσεις προβολής, τρισδιάστατο κείμενο).
- Δημιουργία δυναμικών χαρακτηριστικών στο εικονικό περιβάλλον (αυτόματη περιήγηση στην δεξαμενή, κίνηση διαφόρων τμημάτων αυτής).

2.1.3 Τα «εργαλεία» που χρησιμοποιήθηκαν

Μιας και η VRML είναι ένα σύστημα ΕΠ το οποίο χρησιμοποιεί για την δημιουργία εικονικών κόσμων μόνο έναν υπολογιστή και όχι κάποιον ακριβό και περίπλοκο υλικό εξοπλισμό, παρακάτω γίνεται μια αναφορά στις δυνατότητες του υπολογιστή καθώς και στο λογισμικό σχεδιαστικό εξοπλισμό που χρησιμοποιήθηκε. Η συνεισφορά που έχει κάθε ένα από τα παρακάτω «εργαλεία» που χρησιμοποιήθηκαν στο τελικό αποτέλεσμα της διπλωματικής εργασίας αναφέρεται στις παρακάτω ενότητες του κεφαλαίου.

- Υπολογιστής με επεξεργαστή Pentium 4 στα 3,2 GHz και μνήμη RAM στα 2GHz.
- AutoCAD 2008 (δισδιάστατο-τρειςδιάστατο σχεδιαστικό πρόγραμμα).
- 3D Studio Max έκδοση 5,1 (σχεδιαστικό πρόγραμμα τρισδιάστατων αντικειμένων με δυνατότητα παραγωγής κινουμένων εικόνων).
- VRML notepad (επεξεργαστής κειμένου κώδικα της VRML).

- VRML Converter (μετατροπέας κώδικα της VRML).
- Cortona VRML browser (φυλλομετρητής ανάγνωσης αρχείων VRML στο διαδίκτυο).
- JAVA script (γλώσσα προγραμματισμού).

2.2 Ο αρχικός σχεδιασμός

2.2.1 Από πού προήλθε η πλωτή δεξαμενή;

Η πλωτή δεξαμενή της διπλωματικής εργασίας θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι είναι μια ρεπλίκα μιας υπάρχουσας πλωτής δεξαμενής, τύπος της οποίας συναντάται στα περισσότερα Ναυπηγεία παγκοσμίως. Έχοντας πάντα υπόψη το αναφαίρετο δικαίωμα κάθε Ναυπηγείου για την διατήρηση του απορρήτου για κάθε πνευματική αλλά και υλική ιδιοκτησία του, τα γενικά χαρακτηριστικά της εν λόγω δεξαμενής επιλέχθηκαν με στοιχεία τα οποία ανακτήθηκαν από το βιβλίο Ναυπηγική Οικονομική και Στρατηγική (Βλάχος, 2002). Πιο συγκεκριμένα, η επιλογή των κυρίων διαστάσεων της δεξαμενής καθώς επίσης και της δυνατότητας ανύψωσης της, έγινε συγκεντρώνοντας, συγκρίνοντας και χρησιμοποιώντας πληροφορίες από πολλές υπάρχουσες δεξαμενές οι οποίες βρίσκονται σε επιχειρησιακή λειτουργία σε Ναυπηγεία ανά τον κόσμο. Οι εν προκειμένω υπό κλίμακα διαστάσεις της εικονικής δεξαμενής επιλέχθηκαν κατά τέτοιο δυνατό τρόπο ώστε να αποφευχθεί κατά το δυνατό η πιθανότητα να συμπίπτουν ακριβώς με κάποια από τις υπάρχουσες. Τα γενικά χαρακτηριστικά της πλωτής δεξαμενής είναι τα εξής:

Ολικό μήκος:	250 μ
Ολικό ύψος:	16 μ
Ολικό πλάτος:	45 μ
Ύψος μεταξύ καταστρώματος ασφαλείας και τρόπιδας:	12 μ
Ύψος μεταξύ κυρίου και ανώτερου καταστρώματος:	9 μ
Διαστάσεις κεντρικών υποβάθρων:	1,5 μ X 0,5 μ X 1.4 μ
Διαστάσεις πλευρικών υποβάθρων:	8μ X 0,4μ X 1.4 μ
Ανυψωτική Ικανότητα:	18000 μετρικούς τόνους

Τα μέγιστα γενικά χαρακτηριστικά του πλοίου που μπορεί η δεξαμενή να εξυπηρετήσει είναι τα εξής:

Μέγιστο μήκος πλοίου:	250 μ
Μέγιστο πλάτος πλοίου:	33 μ

Μέγιστο βύθισμα πλοίου:

5,5 μ

Μέγιστο νεκρό βάρος πλοίου:

70000 μετρικούς τόνους

2.2.2 Λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν για την αρχική σχεδίαση της πλωτής δεξαμενής.

Για να δημιουργηθεί αρχικά η δισδιάστατη γενική διάταξη (βλ. Παράρτημα) της πλωτής δεξαμενής, το λογισμικό σχεδιαστικό πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε, είναι το AutoCAD 2008. Το λογισμικό αυτό, όπως προαναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, είναι το πιο διαδεδομένο πρόγραμμα σχεδίασης διεθνώς το οποίο μπορεί να συνεργαστεί με πολλά άλλα σχεδιαστικά προγράμματα, παρέχοντας παράλληλα στον χρήστη πολλές σχεδιαστικές δυνατότητες και εφαρμογές. Στην περίπτωση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας το λογισμικό αυτό έπαιξε σημαντικό, όντας το μοναδικό εργαλείο για την δημιουργία σε δεύτερη φάση του αρχικού τρισδιάστατου μοντέλου (βλ. Παράρτημα) της εικονικής πλωτής δεξαμενής. Η όλη διαδικασία που ακολουθήθηκε για την μετατροπή του αρχικού τρισδιάστατου μοντέλου σε εικονικό, επεξηγείται στις επόμενες ενότητες.

2.3 Δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου της δεξαμενής.

2.3.1. Γενική διαδικασία

Η δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου της πλωτής δεξαμενής έγινε με την χρήση του AutoCAD, όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα και οι διαστάσεις της είναι απολύτως σχετικές (όχι όμοιες) με υπάρχουσες πραγματικές πλωτές δεξαμενές οι οποίες βρίσκονται σε επιχειρησιακή λειτουργία. Στην πραγματικότητα, το τρισδιάστατο μοντέλο της δεξαμενής είναι η μετατροπή των δισδιάστατων σχεδίου της γενικής διάταξης της σε τρισδιάστατο σχέδιο, ούτως ώστε να δημιουργηθεί μια πιο ρεαλιστική εικόνα αυτής. Δεν είναι απαραίτητο να αναφερθούν και να αναλυθούν όλες οι εντολές και οι τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν κατά την χρήση του AutoCAD για την δημιουργία των τρισδιάστατου σχεδίου της δεξαμενής. Ωστόσο, κρίθηκε σκόπιμο στις επόμενες ενότητες του κεφαλαίου να αναφερθεί αναλυτικά το πώς ένα τέτοιο πρόγραμμα μπορεί να συνεργαστεί με άλλα προγράμματα ή εφαρμογές (με 3D Studio Max και VRML) καθώς επίσης και στην χρήση σχεδιαστικών επιπέδων στο περιβάλλον του AutoCAD.

2.3.2. Γιατί AutoCAD;

Η *VRML* είναι μια μοναδική γλώσσα προγραμματισμού με πολλές δυνατότητες η οποία χρησιμοποιεί τον δικό της κώδικα προγραμματισμού και πολύ συχνά συνεργάζεται και με άλλες γλώσσες προγραμματισμού, όπως είναι η *JAVA* και η *C++* χρησιμοποιώντας τους κώδικες τους, για τη δημιουργία τρισδιάστατων αντικειμένων και γενικότερα εικονικών περιβαλλόντων.

Ωστόσο, το ζήτημα που τίθεται προς συζήτηση αυτή τη στιγμή είναι το επίπεδο γνώσης που πρέπει να έχει ένας προγραμματιστής της *VRML* στην σύνταξη του κώδικα προγραμματισμού αυτής ή και άλλων γλωσσών προγραμματισμού που συνεργάζονται με αυτή. Είναι γεγονός ότι ένας προγραμματιστής της *VRML* εκτός από γνώση χρειάζεται και μεγάλη εμπειρία προκειμένου να δημιουργήσει έναν εικονικό κόσμο χρησιμοποιώντας απλώς και μόνον τη *VRML*. Σε περιπτώσεις, που ο εικονικός κόσμος αποτελείται από αντικείμενα απλής μορφής, όπως κύβους, κώνους, κυλίνδρους και απλές επίπεδες επιφάνειες, η δημιουργία του δεν είναι ιδιαίτερα δύσκολη, αφού η *VRML* χρησιμοποιεί απλές μεθόδους μέσω του κώδικα της για το σκοπό αυτό. Σε περιπτώσεις όμως αντικειμένων ή εικονικών περιβαλλόντων που αποτελούνται από πολύπλοκα σχήματα, όπως συμβαίνει στην συγκεκριμένη εργασία με την πλωτή δεξαμενή και πόσο μάλλον στην περίπτωση ενός ολοκληρωμένου Εικονικού Ναυπηγείου, η χρήση της *VRML* μόνο εύκολη υπόθεση δεν είναι. Προκειμένου να αντιληφθούμε πλήρως τη δυσκολία της διαδικασίας, αρκεί να αναλογιστούμε τη δημιουργία μόνο των υποβάθρων στήριξης (blocks) της δεξαμενής, πάνω στα οποία στηρίζονται τα πλοία. Η γεωμετρία αυτών αν και χαρακτηρίζεται από ομαλές επιφάνειες (δεν περιέχουν καμπύλα τμήματα και άλλες σχεδιαστικές δυσκολίες), είναι πολλά τον αριθμό (περίπου 300), πράγμα που σημαίνει, ότι εκτός του ότι θα πρέπει ο προγραμματιστής να συντάξει 300 διαφορετικούς κώδικες για να δημιουργήσει κάθε υπόβαθρο ξεχωριστά, θα πρέπει μετά για κάθε ένα από αυτά να προσδιορίσει τις συντεταγμένες θέσης τους σε σχέση με κεντρικό σύστημα συντεταγμένων του εικονικού περιβάλλοντος, μια διαδικασία η οποία είναι εξαιρετικά χρονοβόρα και απαιτεί υψηλά επίπεδα δεξιοτήτων εκ μέρους του προγραμματιστή. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι μετά την μετατροπή του τελικού τρισδιάστατου σχεδίου από μορφή *dxf* (επέκταση αρχείου AutoCad) σε μορφή *wrl* (επέκταση αρχείου *VRML*), ο μετατροπέας *VRML* δημιούργησε, μόνο για τα υπόβαθρα έναν κώδικα αποτελούμενο από 15200 σειρές οι οποίες περιελάμβαναν

τους κόμβους μετασχηματισμού για κάθε υποβάθρο, τις συντεταγμένες τους, καθώς και τα πεδία καθορισμού τους, το οποίο σημαίνει ότι η δημιουργία των υποβάθρων με χρήση μόνο του κώδικα της VRML θα απαιτούσε από τον συγγραφέα ανελλιπή σύνταξη ημερών ή ακόμη και εβδομάδων, χωρίς πιθανώς να επιτευχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα. Στο σημείο αυτό, για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού ήταν απαραίτητη η χρησιμοποίηση ενός προγράμματος υψηλών δυνατοτήτων το οποίο να έχει την δυνατότητα να συνεργάζεται με την VRML. Το *AutoCAD* παρέχει έναν πολύ γρήγορο και εύκολο τρόπο σχεδίασης περίπλοκων τρισδιάστατων αντικειμένων και επιφανειών, οι οποίες κατόπιν θα απεικονίζουν τον επιθυμητό εικονικό κόσμο, χωρίς την ανάγκη για τον καθορισμό χιλιάδων συντεταγμένων, παρά μόνο χρησιμοποιώντας απλές εντολές εντός της επιφάνειας εργασίας του προγράμματος.

2.3.3. Χρήση Επιπέδων

Η εικονική πλωτή δεξαμενή αποτελείται από πολλά τμήματα τα οποία έπρεπε να σχεδιαστούν προκειμένου να δημιουργηθεί η τελική εικόνα αυτής. Κατ' αρχάς επιλέχθηκε να σχεδιαστούν όλα τα τμήματα της δεξαμενής πάνω σε ένα σχεδιαστικό φύλλο του προγράμματος. Η διαδικασία αυτή αποδείχθηκε ιδιαίτερα περίπλοκη και δύσκολη. Ο καθορισμός και ο εντοπισμός των γραμμών και των καμπυλών που αντιπροσώπευαν κάθε τμήμα του σχεδίου τέμνοντας η μία την άλλη, σε όλο το εύρος των συντεταγμένων του σχεδιαστικού φύλλου, ήταν εξαιρετικά δύσκολη και μια διαδικασία που προκαλούσε σύγχυση.

Μια εναλλακτική λύση σχεδιασμού, ήταν να σχεδιαστεί κάθε τμήμα του πλοίου σε ξεχωριστό φύλλο και κατόπιν να συνδυαστούν όλα μαζί σε ένα τελικό. Και αυτή όμως ήταν μια δύσκολη διαδικασία καθώς έπρεπε να ανοιχτούν πολλά φύλλα ταυτόχρονα. Τα ταυτόχρονα ανοικτά φύλλα σχεδίων καταλαμβάνουν μεγάλο ποσοστό της *RAM* του επεξεργαστή, με αποτέλεσμα τις περισσότερες φορές ο υπολογιστής να δυσκολεύεται να λειτουργήσει αποδοτικά. Επομένως, η μόνη λύση στο πρόβλημα ήταν η χρήση επιπέδων.

Τα επίπεδα που χρησιμοποιούνται μέσα σε ένα σχεδιαστικό φύλλο του *AutoCAD* μπορούν να παρομοιαστούν, στην περίπτωση που χρησιμοποιείται ο παραδοσιακός τρόπος σχεδίασης με το χέρι σε απλό χαρτί σχεδίασης, ως πολλά διάφανα φύλλα σχεδιασμού εντός του συνολικού σχεδίου. Κάθε φύλλο απεικονίζει

ένα διαφορετικό τμήμα του συνολικού σχεδίου. Έτσι, τοποθετώντας τα φύλλα αυτά το ένα πάνω από το άλλο και αυτά πάνω στο χαρτί σχεδίασης, έχουμε την συνολική απεικόνιση του σχεδίου. Η επιλογή των επιπέδων σε περιβάλλον *AutoCAD* επιτρέπει τη χρήση διαφόρων δυνατοτήτων που κάνουν τη σχεδιαστική διαδικασία ευκολότερη και ταχύτερη. Ο χρήστης μπορεί να ονομάσει, να προβάλει ή να απενεργοποιήσει, να χρωματίσει, να παγώσει, να διαγράψει, να κλειδώσει ή να ξεκλειδώσει κάθε επίπεδο που απεικονίζει ένα τμήμα του συνολικού σχεδίου. Συνεπώς, σε περίπτωση που ο χρήστης θέλει να μεταβάλλει ένα στοιχείο του σχεδίου του αλλά η ολοκληρωμένη εικόνα του σχεδίου του προκαλεί σύγχυση, μπορεί απλώς να απενεργοποιήσει όλα τα επίπεδα που δεν του χρειάζονται και να κάνει τις αλλαγές στο επίπεδο που επιθυμεί.

Εφόσον τα σχέδια και οι αλλαγές τους έχουν ολοκληρωθεί, ενεργοποιούνται όλα τα επίπεδα προκειμένου να εμφανιστεί η συνολική τρισδιάστατη εικόνα της δεξαμενής. Η απόδοση του τρισδιάστατου μοντέλου ολόκληρης της δεξαμενής παρουσιάζεται από διαφορετικές οπτικές γωνίες σε εικόνες του παραρτήματος 1.

Τα επίπεδα που χρησιμοποιήθηκαν για την σχεδίαση της πλωτής δεξαμενής είναι τα παρακάτω:

- **Κυρίως σκάφος (main hull):** αντιπροσωπεύει την μεταλλική κατασκευή της δεξαμενής η οποία αποτελείται από της δεξαμενές έρματος (ballast tanks) από το κυρίως κατάστρωμα ή αλλιώς την λεκάνη της δεξαμενής (pontoon deck ή basin), τις πλευρικές δεξαμενές έρματος η αλλιώς πύργους (side tanks/towers) και τα καταστρώματα ασφαλείας (safety decks).
- **Κεντρικά υπόβαθρα στήριξης (keel blocks):** αποτελούν τσιμεντένιες κατασκευές και χρησιμοποιούνται για την στήριξη της τρόπιδας του πλοίου.
- **Πλευρικά υπόβαθρα στήριξης (side blocks):** μεταλλικής κατασκευής και χρησιμοποιούνται για την πλευρική στήριξη του πυθμένα του πλοίου.
- **Ανυψωτικοί γερανοί (cranes):** χρησιμοποιούνται για την ανύψωση αντικειμένων κατά τον δεξαμενισμό των πλοίων και τοποθετούνται πάνω από τις πλευρικές δεξαμενές έρματος στα καταστρώματα ασφαλείας.
- **Ρέλια ασφαλείας (safety rails):** αποτελούν κιγκλιδώματα ασφαλείας η αλλιώς χειραγωγοί και τοποθετούνται περιμετρικά των καταστρωμάτων ασφαλείας καθώς επίσης και περιμετρικά των προβόλων (πρωαίο και πρυμναίο τμήμα) της δεξαμενής.

Η απλοποίηση της διαδικασίας δημιουργίας του τρισδιάστατου μοντέλου δεν είναι ο μόνος λόγος που οδήγησε στη χρήση επιπέδων. Τα επίπεδα θεωρήθηκαν πολύ χρήσιμο εργαλείο κατά την εξαγωγή του τρισδιάστατου μοντέλου της δεξαμενής σε μορφή 3ds (επέκταση αρχείου του *3D Studio max* σε *wrl*). Αυτό συμβαίνει γιατί η VRML κατά την παραγωγή του κώδικα (εξαγωγή των αρχείων) μπορεί να εντοπίσει τα επίπεδα τα οποία τα μετατρέπει σε κόμβους. Η σημασία του εντοπισμού αυτού αναλύεται στην επόμενη ενότητα του παρόντος κεφαλαίου.

2.3.4. Συνεργασία AutoCAD με 3D Studio Max (εξαγωγή σε 3D Studio Max).

Κατά την διαδικασία της δημιουργίας του εικονικού μοντέλου της δεξαμενής μέσω της VRML χρησιμοποιήθηκε το σχεδιαστικό λογισμικό πρόγραμμα τρισδιάστατων αντικειμένων *3D Studio Max* καθώς δεν είναι δυνατή η απευθείας εξαγωγή των αρχείων *dxf* που παράγει το AutoCAD σε μορφή αρχείου *wrl* που παράγει η VRML. Αυτό είναι εφικτό να γίνει μόνο στην περίπτωση που χρησιμοποιούνταν το *MechanicalDESKTOP*, πρόγραμμα το οποίο χρησιμοποιεί τις ίδιες σχεδιαστικές αρχές και λειτουργίες με αυτές που χρησιμοποιεί το *AutoCAD* και χρησιμοποιείται εν γένει για μηχανολογικό σχεδιασμό και εφαρμογές. Ωστόσο, στην περίπτωση αυτή το πρόβλημα που δημιουργήθηκε κατά την χρήση του *MechanicalDESKTOP* ήταν ότι κατά την διάρκεια της εξαγωγής των αρχείων, το αρχείο της VRML που παρήγαγε ήταν ιδιαίτερα μεγάλο με αποτέλεσμα την δυσλειτουργία του υπολογιστή. Εναλλακτικά, κάνοντας την εξαγωγή του αρχείου μέσω του *3D Studio Max*, που στην πράξη είναι ένας σύνδεσμος μεταξύ του *AutoCAD* και του εικονικού περιβάλλοντος που παράγει ένα αρχείο VRML, το αρχείο μειώθηκε κατά πολύ σε μέγεθος (περίπου κατά το ήμισυ) και κατ' επέκταση την αποτελεσματικότερη λειτουργία του υπολογιστή.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η χρήση των σχεδιαστικών επιπέδων έπαιξε σημαντικό ρόλο στην αποδοτική ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των δυο λογισμικών (*AutoCAD* και *3D Studio Max*) και αυτό γιατί το *3D Studio Max* είναι σε θέση να αναγνωρίζει τα σχεδιαστικά επίπεδα που δημιουργεί το *AutoCAD*. Αν σε αντίθετη περίπτωση ολόκληρο το τρισδιάστατο μοντέλο της δεξαμενής είχε εξαχθεί ως ένα μόνο σχεδιαστικό επίπεδο, πολλά από τα τμήματα αυτής θα έλλειπαν από το τρισδιάστατο περιβάλλον του *3D Studio Max* λόγω του ότι ένας μεγάλος αριθμός από

αντικείμενα και επιφάνειες θα δημιουργούνται με αποτέλεσμα το 3D Studio Max να μην είναι σε θέση να τα ενσωματώσει σε ένα μόνο τρισδιάστατο αντικείμενο (ολόκληρη η δεξαμενή).

Επομένως, η διαδικασία εξαγωγής η οποία ακολουθήθηκε ήταν να εξαχθεί κάθε επίπεδο, το οποίο αντιπροσωπεύει κάθε τμήμα της δεξαμενής, ξεχωριστά με σκοπό την δημιουργία ενός μεμονωμένου αρχείου *3ds* (μορφή αρχείου του *3D Studio Max*) για κάθε σχεδιαστικό επίπεδο. Κατόπιν, κάθε ένα από τα παραπάνω αρχεία εισήχθη στο *3D Studio Max* δημιουργώντας έτσι μια ξεχωριστή τρισδιάστατη σκηνή για κάθε ένα από τα σχεδιαστικά επίπεδα, τα οποία στο τέλος ενώθηκαν για να αποτελέσουν το τελικό τρισδιάστατο μοντέλο της δεξαμενής σε περιβάλλον *3D Studio Max*. Η παραπάνω διαδικασία μπορεί να θεωρηθεί και ως ο συνδυασμός πολλών τρισδιάστατων σκηνών σε μία.

2.4. Από το σύστημα CAD στην Εικονική Πραγματικότητα.

2.4.1. Μετατρέποντας το τρισδιάστατο μοντέλο σε κώδικα VRML.

Η εξαγωγή του τρισδιάστατου μοντέλου μέσω του 3D Studio Max μετατρέποντας το σε κώδικα της VRML (*wrl* μορφή αρχείου) δεν απέχει και πάρα πολύ από αυτή που συζητήθηκε στην προηγούμενη ενότητα. Το μόνο ζήτημα που προέκυψε από αυτή τη διαδικασία είναι οι προσπάθειες που έγιναν για την όσο το δυνατόν καλύτερη ποιότητα της εικονικής δεξαμενής με παράλληλα την όσο το δυνατόν μείωση του μεγέθους του αρχείου, διότι οι φυλλομετρητές της VRML δεν μπορούν να υποστηρίξουν αποδοτικά αρχεία με μεγάλο μέγεθος, γεγονός το οποίο συγκαταλέγεται σε ένα από τα μειονεκτήματα της ίδιας της VRML. Ο όρος ποιότητα σε αυτό το σημείο νοείται η ποιοτική εμφάνιση όλων των τμημάτων που αποτελούν την δεξαμενή μέσα στον εικονικό κόσμο και κατ' επέκταση η γενικότερη εμφάνιση και ο βαθμός λεπτομέρειας του απεικονιζόμενου εικονικού περιβάλλοντος.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι για την ρύθμιση του επιπέδου λεπτομέρειας για τα αντικείμενα που περιέχονται μέσα σε ένα εικονικό περιβάλλον και κατά την διαδικασία εξαγωγής τους από το 3D Studio Max. Στη περίπτωση της πλωτής δεξαμενής, η πρώτη μέθοδος που ακολουθήθηκε για την βελτίωση της ποιότητας ήταν να μεγεθυνθεί το τρισδιάστατο μοντέλο υπό κλίμακα (15 φορές) μέσω του AutoCad. Ακλουθώντας την τεχνική αυτή η ποιότητα του τρισδιάστατου μοντέλου μετά την εξαγωγή του από το 3D Studio Max είχε βελτιωθεί σε σχέση με την αρχική

(χωρίς μεγέθυνση), αλλά υπήρχαν κάποιες επιφάνειες της δεξαμενής (καμπύλες επιφάνειες) οι οποίες δεν εμφανίζονταν ομαλές (λείες).

Η δεύτερη μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την βελτίωση της εικόνας του τρισδιάστατου μοντέλου, ήταν να αυξηθεί ο αριθμός των πολυγώνων από τα οποία αποτελείται κάθε επιφάνεια του μοντέλου απεικονιζόμενου στο 3D Studio Max, η οποία έγινε μέσω των παραθύρων διαλόγου με το χρήστη στο περιβάλλον λειτουργίας του 3D Studio Max. Τα αποτελέσματα της μεθόδου αυτής έδειξαν περεταίρω βελτίωση της ποιότητας των παραπάνω επιφανειών αλλά και πάλι κάποια τμήματα της δεξαμενής και συγκεκριμένα τα καμπύλα τμήματα των γερανών εξακολουθούσαν να μην εμφανίζονται ομαλές.

Τελικώς, η μέθοδος η οποία απέφερε το καλύτερο αποτέλεσμα σε σχέση με τις προηγούμενες όσον αφορά την ποιότητα του τρισδιάστατου εικονικού μοντέλου, ήταν η χρησιμοποίηση της επιλογής *normals*, στο παραθύρου διαλόγου του προγράμματος. Η επιλογή *normals* είναι μια από τις δυνατότητες που προσφέρει η VRML και παράγει για τις μη επίπεδες επιφάνειες, κατά την εξαγωγή των αρχείων σε αρχεία VRML *καμπύλες κανονικής κατανομής* με σκοπό την πιο ομαλή εμφάνισή τους και την εξομάλυνση της όποιας ανωμαλίας της επιφάνειας (VRML Source Book). Ωστόσο το πρόβλημα που παρουσιάστηκε από την χρήση της τεχνικής αυτής ήταν ότι η επιλογή *normals* είχε ως αποτέλεσμα την δραματική αύξηση του μεγέθους του αρχείου, από τα περίπου 4,5 Mbytes στα 8,5 Mbytes. Για να ξεπεραστεί το πρόβλημα αυτό, χρησιμοποιήθηκαν τα *normals* μόνο σε επιφάνειες οι οποίες έχουν καμπύλα τμήματα μιας και οι επίπεδες επιφάνειες από μόνες τους εμφανίζονται ομαλές χωρίς να απαιτούν κάποια τεχνική εξομάλυνσης. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να μειωθεί το μέγεθος του αρχείου στα 5.8 Mbyte.

2.4.2. Παραγωγή του κώδικα της VRML

Κατά την ανταλλαγή δεδομένων της διαδικασίας εξαγωγής, ο VRML browser παράγει τον κώδικα (*σενάριο VRML*), ο οποίος κατόπιν θα απεικονίσει τον εικονικό κόσμο. Αυτό γίνεται εφικτό με τη βοήθεια του μετατροπέα της VRML (*VRML Converter*). Ο μετατροπέας ουσιαστικά μεταφράζει τα σχέδια CAD σε κώδικα προγραμματισμού της VRML, έτσι ώστε ο συγγραφέας μετά να είναι σε θέση να παρέμβει μέσα στον ίδιο τον κώδικα δημιουργώντας επιπλέον δυνατότητες και χαρακτηριστικά του εικονικού περιβάλλοντος όπως είναι κινούμενες εικόνες, το

φόντο, αλλαγή χρωμάτων των αντικειμένων, τρισδιάστατα κείμενα, φωτισμός και πολλές άλλες δυνατότητες.

Ο κώδικας της VRML δεν μπορεί να προβληθεί αμέσως μόλις ο χρήστης ανοίξει το αρχείο με την επέκταση *wrl*, αφού με αυτή την ενέργεια ο *browser* στέλνει το χρήστη κατευθείαν στον εικονικό κόσμο. Για να γίνει δυνατή η προβολή του κώδικα, το αρχείο πρέπει να ανοίξει όχι από το λειτουργικό σύστημα του browser αλλά από έναν επεξεργαστή κειμένου. Οι κατάλληλοι για την προβολή του κώδικα επεξεργαστές κειμένου είναι το *Word Pad*, το *Microsoft Word* και το σημειωματάριο της VRML (VRML Pad). Το τελευταίο έχει αποδειχθεί το πιο κατάλληλο και εύχρηστο, αφού παρέχει στο συγγραφέα πολλά σημαντικά εργαλεία, όπως είναι η αυτόματη ανίχνευση σφαλμάτων κατά την σύνταξη του κώδικα και πολλές άλλες δυνατότητες. Στο Παράρτημα εμφανίζεται το περιβάλλον εργασίας ενός επεξεργαστή κειμένου της VRML.

Όπως και στην περίπτωση του *3D Studio max*, η VRML επίσης έχει τη δυνατότητα να εντοπισμού τα επίπεδα σχεδιασμού (*layers*) που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά τον σχεδιασμό της δεξαμενής μέσω του *AutoCAD*, βελτιώνοντας έτσι τη βασική δομή ολόκληρου του κώδικα. Κάθε επίπεδο σχεδιασμού έτσι όπως έχει δημιουργηθεί μέσω του *Autocad*, μεταφράζεται κατά την διάρκεια της μετατροπής του σχεδίου σε κώδικα της VRML σε *κόμβο μετασχηματισμού* και όλοι οι μετασχηματισμοί μαζί απεικονίζουν ολόκληρο τον εικονικό κόσμο. Κάθε *κόμβος μετασχηματισμού* περιέχει τον πίνακα συντεταγμένων του αντικειμένου καθώς και τα πεδία καθορισμού άλλων κόμβων που εμπεριέχονται στον κόμβο μετασχηματισμού όπως είναι, όπως είναι το χρώμα, το φόντο, ο φωτισμός, η θέση του αντικειμένου ως προς τα άλλα αντικείμενα κλπ. Για την κατανόηση της σημασίας των επιπέδων, ας υποθέσουμε ότι ο συγγραφέας επιθυμεί να τροποποιήσει τον εικονικό κόσμο προσθέτοντας κάποιες από τις πρόσθετες δυνατότητες που παρέχει η VRML. Εάν το σχεδιαζόμενο μοντέλο της δεξαμενής εξαχθεί ως ένα μοναδικό επίπεδο, ο συγγραφέας δεν θα ήταν σε θέση να προσθέσει κίνηση ή φωτισμό στο αντικείμενο, εφόσον όλα τα αντικείμενα του εικονικού κόσμου γίνονται αντιληπτά ως ένα άρα κατ' επέκταση ο κόμβος ο οποίος θα εμφανίζοντας κατά την μετατροπή θα ήταν μόνο ένας. Διατηρώντας κατά το σχεδιασμό κάθε αντικείμενο σε διαφορετικό επίπεδο, στην πραγματικότητα δημιουργούμε παράλληλα έναν ξεχωριστό κόμβο μετασχηματισμού, με αποτέλεσμα να υπάρχει η δυνατότητα να προστεθεί οποιαδήποτε από τις παραπάνω δυνατότητες. Έτσι, σε περίπτωση που πρέπει να φωτίσουμε περισσότερο ένα αντικείμενο (π.χ. το

γερανό της δεξαμενής), ο συγγραφέας βρίσκει τον μετασχηματισμό που αντιστοιχεί στο γερανό και αλλάζει τα πεδία καθορισμού του μετασχηματισμού φωτισμού.

2.5. Διαχείριση και τροποποίηση του εικονικού περιβάλλοντος.

2.5.1. Προσαρμόζοντας την δεξαμενή στην αρχική σκηνή

Το πρόβλημα που παρουσιάστηκε μετά την εξαγωγή του τρισδιάστατου μοντέλου της δεξαμενής σε περιβάλλον VRML ήταν ότι κατά το άνοιγμα του αρχείου μέσω του φυλλομετρητή το εικονικό μοντέλο της δεξαμενής απουσίαζε από την αρχική εικόνα προβολής. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το σύστημα συντεταγμένων του AutoCAD αποκλίνει από αυτό της VRML. Ο φυλλομετρητής της VRML παρέχει την δυνατότητα στον χρήστη να προσαρμόζει στην αρχική εικόνα τα αντικείμενα τα οποία περιέχονται μέσα στο εικονικό περιβάλλον πατώντας το πλήκτρο fitting στο πεδίο (μπάρα) χειρισμού του εικονικού περιβάλλοντος. Αυτή η διαδικασία δε εξυπηρετεί την λειτουργικότητα τα του συστήματος, μιας και ο χρήστης θα πρέπει κάθε φορά που ανοίγει το φυλλομετρητή να προσαρμόζει από μόνος του μέσα στην αρχική εικόνα την εικονική δεξαμενή.

Συνεπώς, ήταν απαραίτητο να βρεθεί η ακριβής θέση της δεξαμενής μέσα στον εικονικό κόσμο την ώρα που απουσίαζε από την αρχική εικόνα και να μεταφερθεί αυτόματα μπροστά στην αρχική σκηνή που βλέπει ο χρήστης κάθε φορά που προσπαθεί να ανοίξει το αρχείο. Για το σκοπό αυτό προστέθηκε μέσα στο κώδικα της VRML ένα τμήμα του κώδικα της γλώσσας προγραμματισμού JAVA με την ονομασία «WHERE AM I» (βλ. Παράρτημα) το οποίο επιτρέπει στον συγγραφέα να βλέπει την ακριβή θέση της δεξαμενής σε σχέση με το σύστημα συντεταγμένων που ορίζεται από τους άξονες X, Y, Z κάθε φορά που αυτός κινείται μέσα στο εικονικό περιβάλλον. Η κίνηση ενός αντικειμένου μέσα στο τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον, μπορεί να αντιστοιχηθεί με την κίνηση που κάνει μια κάμερα προσαρμοσμένη στο κεφάλι κάποιου ο οποίος περιηγείται μέσα σε αυτό. Άρα η παραπάνω ζητούμενη ακριβής θέση είναι στην πραγματικότητα η θέση και ο προσανατολισμός μιας κάμερας την ώρα που ο χρήστης «ταξιδεύει» μέσα στον τρισδιάστατο εικονικό κόσμο.

Έχοντας προσθέσει τον κώδικα της JAVA στο κώδικα της VRML, όταν ανοίγει το αρχείο, παρουσιάζεται μπροστά στην οθόνη του χρήστη μια κονσόλα υπό την μορφή παραθύρου η οποία εμφανίζει τις συντεταγμένες της ακριβής θέσης της

κάμερας του εικονικού περιβάλλοντος σε σχέση πάντα με του άξονες X,Y,Z οι οποίες έχουν τιμή 0,0,0. Πατώντας το πλήκτρο fitting στον φυλλομετρητή η κάμερα μετακινείται αυτόματα προς την δεξαμενή με αποτέλεσμα να εμφανίζεται η δεξαμενή στη αρχική σκηνή του χρήστη. Καθ' όλη την διάρκεια της μετακίνησης της κάμερας οι συντεταγμένες που αντιπροσωπεύουν την μετακίνηση αυτή καταγράφονται υπό μορφή λίστας μέσα στο παράθυρο της κονσόλας της οποίας η τελευταία σειρά αποτελεί τη ακριβή θέση της δεξαμενής μέσα στο εικονικό περιβάλλον. Για να προσαρμόσουμε τη δεξαμενή στην νέα θέση, ούτως ώστε ο χρήστης να είναι σε θέση να βλέπει την δεξαμενή στην αρχική σκηνή μετά το άνοιγμα του αρχείου, θα πρέπει να μετακινηθεί συμφώνως των συντεταγμένων της θέσης που αναγράφονται στην κονσόλα αλλά κατά αντίθετη κατεύθυνση μιας και σε αυτή τη περίπτωση είναι η δεξαμενή που κινείται και όχι η κάμερα. Η μετακίνηση αυτή επιτυγχάνεται αντικαθιστώντας τις τιμές των αξόνων X, Y, Z, στο πεδίο καθορισμού του κόμβου *translation* ο οποίος εμπεριέχεται με τη σειρά του μέσα στο κόμβο *transform* της δεξαμενής, με τις τιμές των συντεταγμένων οι οποίες αναγράφονται στο παράθυρο της κονσόλας θέσης.

2.5.2. Φωτισμός του εικονικού περιβάλλοντος της δεξαμενής.

Κάθε φυλλομετρητής της VRML δημιουργεί αυτόματα ένα φως (headlight) το οποίο προβάλλεται σε κάθε σημείο θέασης του χρήστη. Το φως αυτό, κατά την διάρκεια περιήγησης μέσα στο εικονικό περιβάλλον παράγει μια μαύρη σκιά πάνω στα αντικείμενα τα οποία δεν εκθέτονται πάνω σε αυτό. Για να λυθεί το πρόβλημα αυτό η VRML δίνει την δυνατότητα, μέσω των κόμβων φωτισμού, επιπρόσθετου φωτισμού πάνω σε επιφάνειες αντικειμένων οι οποίες είναι σκοτεινές. Αυτοί οι κόμβοι, όπως αναφέρθηκαν και στο προηγούμενο κεφάλαιο, είναι τα φώτα σημείων (Point Lights), τα φώτα κατεύθυνσης (Directional Light) και οι κόμβοι προβολείς (Spot Light). Για τη πλωτή δεξαμενή επιλέχθηκε ως επιπλέον φωτισμός τα φώτα κατεύθυνσης (βλ. Παράρτημα) μιας και απεδείχθησαν πιο αποδοτικά για την πλωτή δεξαμενή από τα άλλα, για το λόγο του ότι ο συγγραφέας μπορεί να προσδώσει φως σε κάθε αντικείμενο ξεχωριστά, χωρίς να επηρεάζει παράλληλα τον φωτισμό των γειτονικών τους αντικειμένων. Τα τμήματα της δεξαμενής τα οποία χρειάστηκαν επιπλέον φωτισμό είναι το κυρίως σκάφος καθώς και τα υπόβαθρα στήριξης.

2.5.3. Προσθέτοντας κείμενα εντός του εικονικού περιβάλλοντος.

Η πρόσθεση κειμένου εντός του εικονικού περιβάλλοντος επιλέχθηκε για την συγκεκριμένη εικονική δεξαμενή ώστε να δοθούν σε κάθε χρήστη απαραίτητες πληροφορίες (ονομασία, προσδιορισμός) για τα βασικότερα τμήματα αυτής.

Η δυνατότητα της χρήσης κειμένου γίνεται με την χρησιμοποίηση των κόμβων κειμένου εντός του γενικού κόμβου της δεξαμενής (βλ. Παράρτημα). Στην διαδικασία αυτή χρησιμοποιήθηκε κώδικας JAVA (where am I), όπως έγινε και στην περίπτωση της προσαρμογής της δεξαμενής στην αρχική σκηνή, ώστε να προσδιοριστεί η ακριβής θέση στην οποία θα τοποθετηθεί κάθε κείμενο.

Τα τμήματα της δεξαμενής τα οποία εφοδιάστηκαν με κείμενο πληροφοριών είναι τα υπόβαθρα στήριξης, το κύριο κατάστρωμα, τα καταστρώματα ασφαλείας και οι ανυψωτική γερανοί. Επιπλέον προστέθηκε κείμενο στην αρχική σκηνή του εικονικού περιβάλλοντος το οποίο καλωσορίζει τον χρήστη στην εικονική δεξαμενή.

2.5.4. Δυναμικά χαρακτηριστικά.

Για να αποκτήσει το εικονικό περιβάλλον της δεξαμενής δυναμικά χαρακτηριστικά όπως είναι η κίνηση ολόκληρης της δεξαμενής κατά το κάθετο άξονα, ώστε να προσομοιώσει την βύθισή και ανάδυσή της κατά το δεξαμενισμό-αποδεξαμενισμό ενός πλοίου, χρησιμοποιήθηκαν οι κόμβοι κίνησης (βλ. Παράρτημα). Αυτά τα δυναμικά χαρακτηριστικά δημιουργήθηκαν με σκοπό να δώσουμε την δυνατότητα στον χρήστη να αλληλεπιδράσει με το εικονικό περιβάλλον. Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό της VRML που χρησιμοποιήθηκε είναι ο κόμβος αισθητήρα αφής (touch sensor node) ο οποίος σε συνεργασία με τον κόμβο κίνησης (animation node) παράγουν την κινούμενη εικόνα.

Πιο συγκεκριμένα, οι παραπάνω κόμβοι παράγουν μια κίνηση της δεξαμενής όταν ο χρήστης μετακινήσει τον κέρσορα του ποντικιού του υπολογιστή πάνω στον αντικείμενο (δεξαμενή) πατήσει το πλήκτρο του αυτού. Την κίνηση που θα κάνει ολόκληρη η δεξαμενή αντιπροσωπεύεται από το κόμβο *Position Interpolator*. Οι κόμβοι αυτοί εφοδιάζονται με πεδία καθορισμού τιμών. Οι τιμές αυτές είναι οι τιμές *Key* και οι τιμές *Key Value*. Οι τιμές *Key* καθορίζουν τα χρονικά διαστήματα από τα οποία αποτελείται μια πλήρης κίνηση τα οποία τα ορίζει ο συγγραφέας της VRML. Οι τιμές *Key Value* καθορίζουν για κάθε διάστημα της κίνησης την θέση (σε ποιόν άξονα εκτελείται) αυτής καθώς και την διεύθυνση αυτής. Οι τιμές που μπορεί να

πάρει μεταφράζονται σε μέτρα εντός του εικονικού περιβάλλοντος και η διεύθυνση της κίνησης καθορίζεται από το πρόσημο των τιμών (αρνητικές ή θετικές τιμές). Έτσι αν υποθέσουμε ότι μια πλήρης κίνηση αποτελείται από τέσσερα διαστήματα, ο συγγραφέας της VRML μπορεί να ορίσει τις τιμές κάθε άξονα για κάθε διάστημα της κίνησης. Για παράδειγμα, στην περίπτωση της εικονικής δεξαμενής αποφασίστηκε η κίνηση να γίνει στον κάθετο άξονα Y κατά 6 μέτρα με τέσσερα διαστήματα κίνησης (0, 0.2, 0.5, 1). Αν εφαρμόσουμε το σύστημα συντεταγμένων για κάθε διάστημα κίνησης τότε η κίνηση αυτή με μορφή συντεταγμένων θα είναι 0 0 0, 0 0 6, 0 0 0, 0 0 0.

2.5.5. Αυτόματη περιήγηση (guided tour).

Ένα από τα δυναμικά χαρακτηριστικά της VRML είναι οι αυτόματες περιηγήσεις (guided automatic tours) εντός των εικονικών περιβαλλόντων. Στην συγκεκριμένη πλωτή δεξαμενή ο χρήστης έχει την δυνατότητα να περιηγηθεί αυτόματα μέσα από τη οθόνη του υπολογιστή σε όλη την δεξαμενή χωρίς να κάνει τον οποιοδήποτε χειρισμό. Η περιήγηση δημιουργήθηκε, εκτός του κώδικα της VRML, με την χρήση κώδικα της JAVA με την ονομασία Guided Tour, η οποία ανακτήθηκε ελεύθερα από κάποιες εφαρμογές στο διαδίκτυο. Στην πράξη πρόκειται για ένα κώδικα προγραμματισμού το οποίο ελέγχει την κατεύθυνση της κάμερας μέσα στον εικονικό κόσμο λαμβάνοντας υπόψη τις συντεταγμένες της θέσεώς της σε πραγματικό χρόνο καθ' όλη τη διάρκεια της περιήγησης. Το πιο σημαντικό στάδιο στην διαδικασία δημιουργίας της περιήγησης ήταν η λήψη όλων των συντεταγμένων που αντιστοιχούν στις θέσεις που παίρνει η κάμερα μέσα στο εικονικό περιβάλλον της δεξαμενής. Πιο συγκεκριμένα, οι συντεταγμένες οι οποίες έπρεπε να εισαχθούν ως πληροφορία στον κώδικα JAVA είναι αυτές οι οποίες αντιπροσωπεύουν την κίνηση της κάμερας πάνω στους άξονες X, Y, Z. Οι παραπάνω συντεταγμένες προσδιορίστηκαν με τον κώδικα Where Am I, όπως έγινε και με την περίπτωση της εισαγωγής των κειμένων αλλά και της τοποθέτησης της δεξαμενής εντός της αρχικής σκηνής. Για παράδειγμα, αν επιλεγεί αρχικά μια κίνηση της κάμερας δέκα μέτρων κατά τον άξονα Z και ο συγγραφέας αποφασίσει να αλλάξει την πορεία της στον άξονα X κατά δέκα μέτρα πάλι, τότε οι συντεταγμένες που πρέπει να εισαχθούν στον κώδικα guided tour ώστε να ορίσει και να παράγει την παραπάνω ως μια πλήρη κίνηση βρίσκονται σε τρία σημεία: το σημείο από το οποίο ξεκίνησε την πορεία της η

κάμερα, το σημείο στο οποίο άλλαξε κατεύθυνση η κάμερα και τέλος το σημείο στο οποίο σταμάτησε η κάμερα να κινείται . Να σημειωθεί το γεγονός ότι κάθε φορά που η κάμερα αλλάζει θέση, το guided tour υπολογίζει αυτόματα την γωνία στρέψης της κάμερας σε όλους τους άξονες κατά την αλλαγή του προσανατολισμού της, και έτσι δεν απαιτεί να εισαχθούν πληροφορίες για τη γωνία αλλαγής της κατεύθυνσης της κάμερας. Στο Παράρτημα φαίνεται ο κώδικας της VRML με της συντεταγμένες περιήγησης σε συνεργασία με τον κώδικα της JAVA που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή της αυτόματης περιήγησης.

3

Συμπεράσματα και θέματα προς συζήτηση

Η τεχνολογία της ΕΠ αναπτύσσεται εδώ και χρόνια και έχει αποτελέσει αντικείμενο έρευνας και εφαρμογής μιας ευρείας κοινότητας αποτελούμενης από μεγάλες Βιομηχανίες, Ιδρύματα, Επιστημονικές Κοινότητες και Ερευνητές. Εκτός του αυξανόμενου αριθμού εφαρμογών ΕΠ σε όλο τον κόσμο, οι ερευνητές που ασχολούνται με την ΕΠ προσπαθούν να βρουν τρόπους βελτίωσης των δυνατοτήτων της τεχνολογίας αυτής. Προσπαθούν να παρέχουν ένα ακόμη καλύτερο πεδίο αλληλεπίδρασης μεταξύ των συστημάτων αυτών και του χρήστη ώστε να γίνει δυνατή η υλοποίηση κάποιων εφαρμογών της ΕΠ που ήταν αδύνατες να υλοποιηθούν έως τώρα. Οι έρευνες πλέον δεν ασχολούνται με το πώς και σε ποια πεδία εφαρμόζεται η ΕΠ. Η ΕΠ εφαρμόζεται παντού. Παραδείγματα εφαρμογών ΕΠ σε επιστημονικούς κλάδους που έχουν επωφεληθεί από την ΕΠ είναι η εικονική πρωτοτυποποίηση (prototyping), η προσομοίωση (simulation), η κατάρτιση (training), η τηλε-παρουσία (tele-presence), ο τηλε-χειρισμός (remote controlling) και η ενισχυμένη πραγματικότητα (augmented reality). Η εργασία αυτή αποτελεί μια επαρκή ανασκόπηση - αν όχι μια έρευνα - των εφαρμογών της ΕΠ τα τελευταία χρόνια.

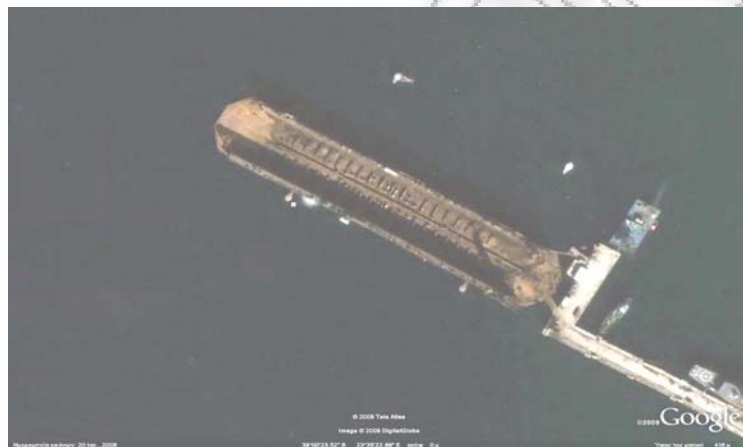
Τα γενικά συμπεράσματα της βιβλιογραφίας είναι ενθαρρυντικά και δείχνουν ότι τα πλεονεκτήματα της ΕΠ είναι περισσότερα από τα μειονεκτήματά της. Ένα από τα λίγα μειονεκτήματα της ΕΠ και των εφαρμογών της είναι το οικονομικό κόστος της. Ωστόσο, αυτό κρίνεται επουσιώδες εφόσον μια λογική επένδυση σε υλικό εξοπλισμό ΕΠ μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση χρημάτων και όχι μόνο. Έχει αποδειχθεί ότι η ΕΠ μπορεί ακόμα και να σώσει ζωές. Όσον αφορά την ανθρώπινη ακεραιότητα, δεν έχουν εντοπιστεί κίνδυνοι από τη χρήση συστημάτων ΕΠ, παρά μόνο οι κίνδυνοι που εγκυμονούν κατά τη χρήση ενός HMD. Εντούτοις, ΕΠ δεν

σημαίνει μόνο HMD. Άλλοι περιορισμοί της ΕΠ έχουν να κάνουν με τη συμβατότητα των συστημάτων ΕΠ με άλλα παραδοσιακά συστήματα, πρόβλημα για το οποίο πολλοί ερευνητές μέχρι σήμερα εργάζονται για την επίλυση του.

Η πρόθεση για την δημιουργία ενός εικονικού Ναυπηγείου μέσω της εργασίας αυτής, βασίστηκε ουσιαστικά στην πρόθεση για να διαπιστωθεί η αξία του εικονικού Ναυπηγείου ως εκπαιδευτικό εργαλείο για φοιτητές των Ναυτιλιακών Επιστημών και της Ναυτικής Τεχνολογίας. Δεν υπάρχουν στοιχεία, εκτός αυτών που απορρέουν από την βιβλιογραφία, στην συγκεκριμένη εργασία που να αποδεικνύουν τη χρησιμότητα ή την αξία του εικονικού Ναυπηγείου ως εκπαιδευτικού εργαλείου στο τμήμα των Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς. Ωστόσο, οι εφαρμογές που παρουσιάζονται μέσω της βιβλιογραφίας, αποδεικνύουν θεωρητικά τα σημαντικά οφέλη που μπορεί να προσφέρει η ΕΠ στην εκπαίδευση. Κάποια από αυτά είναι μεγάλη ταχύτητα και ο μεγάλος όγκος των πληροφοριών που μπορούν να διαχειριστούν τα συστήματα αυτά, η δυνατότητα αλληλεπίδρασης που παρουσιάζουν κατά τη χρήση τους, η δεκτικότητα του χρήστη για αυτή την νέα τεχνολογία, η εξοικονόμηση χρόνου και το αυξημένο επίπεδο συμμετοχής των χρηστών (Bricken, 1990, Byrne, 1990), καθώς επίσης και τα ενθαρρυντικά επιστημονικά συμπεράσματα τα οποία αναφέρθηκαν στο 1^ο κεφάλαιο που καταδεικνύουν την ΕΠ ως χρήσιμο εκπαιδευτικό εργαλείο. Όλα τα παραπάνω οφέλη έχουν διαπιστωθεί μέσω εκτεταμένων ερευνών και πειραμάτων που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα με αντικείμενα τους ίδιους τους χρήστες των συστημάτων ΕΠ. Αυτό υποδηλώνει, ότι η βιβλιογραφία και οι εφαρμογές της ΕΠ στις οποίες αναφέρεται αυτή η εργασία, δεν επαρκούν για να πείσουν ότι το συγκεκριμένο Εικονικό Ναυπηγείο θα φανεί πράγματι χρήσιμο σε έναν φοιτητή του Πανεπιστημίου Πειραιώς. Παρά την παραδοχή αυτή, το Εικονικό Ναυπηγείο είναι σαφώς το καλύτερο πρωτότυπο ενός πραγματικού Ναυπηγείου το οποίο καταργεί τις συμβατικές μεθόδους πρωτοτυποποίησης, όπως είναι ένα απλό σχέδιο σε χαρτί, μια στατική εικόνα ή ακόμη και τα συστήματα σχεδίασης CAD.

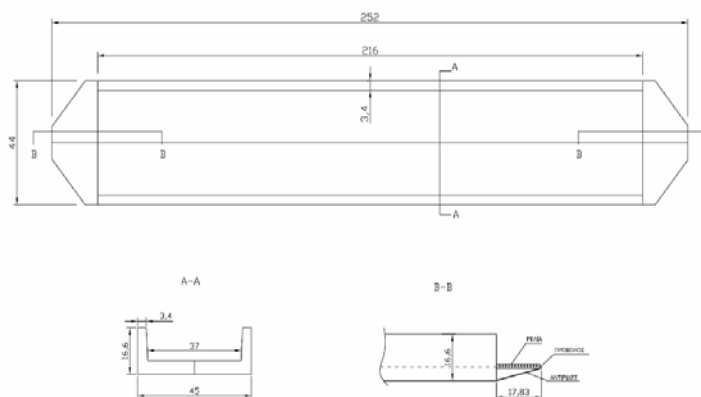
Η παραπάνω διατύπωση αποτελεί λογικό συμπέρασμα του συγγραφέα αυτής της διπλωματικής εργασίας λαμβάνοντας υπόψη τις εφαρμογές της ΕΠ αλλά και τα επιστημονικά συμπεράσματα ερευνών που έχουν εκπονηθεί μέχρι σήμερα. Με την παρακάτω σύγκριση των μεθόδων προβολής της συγκεκριμένης πλωτής δεξαμενής, γίνεται μια προσπάθεια από τον συγγραφέα να προβάλει της αρετές που μπορεί να προκύπτουν από την χρησιμοποίηση ενός συστήματος εικονικής πραγματικότητας. Η

προσπάθεια αυτή παρ' όλο που γίνεται με μη επιστημονικό τρόπο (απλώς δίνεται η δυνατότητα στον αναγνώστη αυτής της διπλωματικής εργασίας να περιηγηθεί εικονικά ο ίδιος μέσα στην πλωτή δεξαμενή και να συγκρίνει την εμπειρία που αποκόμισε με τους παραδοσιακούς τρόπους προβολής) θα μπορούσε να δώσει κάποια συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα της εικονικής προβολής της δεξαμενής. Παρακάτω παραθέτονται τέσσερεις τρόποι απεικόνισης μιας πλωτής δεξαμενής ενός Ναυπηγείου. Στην εικόνα 12 προβάλλεται η δεξαμενή μέσω αεροφωτογραφίας (πλωτή δεξαμενή Ελληνικών Ναυπηγείων από Google earth).



Εικόνα 12: Πλωτή δεξαμενή από αεροφωτογραφία

Στην εικόνα 13 βλέπουμε μια δισδιάστατη σχεδίαση της δεξαμενής μέσω συστήματος CAD όπου προβάλλεται μια γενική κάτοψη της δεξαμενής και μια τυπική μέση τομή αυτής. Αυτός ο τρόπος σχεδίασης δεν διαφέρει από τον παραδοσιακό τρόπο σχεδίασης με το χέρι, με την μόνη διαφορά ότι στην περίπτωση του συστήματος CAD η σχεδίαση έγινε σε πολύ πιο σύντομο χρονικό διάστημα.



Εικόνα 13: Σχέδιο κάτοψης και μέσης τομής της δεξαμενής

Στην εικόνα 14 παρουσιάζεται η δεξαμενή σχεδιασμένη μέσω της VRML, όπως την βλέπει κάποιος μπροστά στην οθόνη του υπολογιστή του (υπάρχει η δυνατότητα εικονικής περιήγησης εντός της δεξαμενής, μέσω του CD που συνοδεύει την διπλωματική εργασία).



Εικόνα 14: Εικονική πλωτή δεξαμενή σχεδιασμένη μέσω VRML

Παρατηρούμε ότι η πρώτη περίπτωση προβολής της δεξαμενής (εικόνα 12) πρόκειται για μια στατική εικόνα χωρίς την δυνατότητα προβολής κάποιων επιπλέον στοιχείων και άλλων όψεων αυτής. Η δεύτερη περίπτωση προβολής (εικόνα 13) της δεξαμενής έχει να κάνει με μια δισδιάστατη σχεδιαστική απεικόνιση αυτής. Εδώ πρέπει να σημειωθεί η δυνατότητα προβολής των επιπλέον στοιχείων και όψεων της δεξαμενής σε σχέση με την στατική εικόνα αλλά καθώς επίσης και το βασικό μειονέκτημα αυτού τρόπου προβολής που έγκειται στο ότι ο θεατής-παρατηρητής πρέπει να έχει τουλάχιστον τις βασικές γνώσεις των αρχών σχεδίασης για να μπορέσει να καταλάβει αυτό που του προβάλλεται, πράγμα το οποίο δεν χρειάζεται σε μια στατική εικόνα. Η τελευταία περίπτωση προβολής της δεξαμενής (εικόνα 14) αποτελεί την εικονική απεικόνιση της δεξαμενής μέσω της VRML. Συγκρίνοντας την με τις παραπάνω μεθόδους απεικόνισης και προβολής, διαπιστώνει κανείς, ότι η προβολή γίνεται με πιο δυναμικό τρόπο, δίνοντας την δυνατότητα στον θεατή μέσω του συστήματος προβολής και περιήγησης (Cortona VRML browser) να κινηθεί όπως θέλει αυτός μέσα στο εικονικό περιβάλλον της δεξαμενής έχοντας παράλληλα πάντα την αίσθηση των τριών διαστάσεων του χώρου και κατά συνέπεια έχοντας ένα πολυδιάστατο οπτικό πεδίο (όψεις) της δεξαμενής σε πραγματικό χρόνο. Επίσης, του

δίνεται η δυνατότητα να λαμβάνει σημαντικές πληροφορίες για τα τμήματα της δεξαμενής μέσω της προβολής τρισδιάστατων κειμένων εντός του εικονικού περιβάλλοντος αλλά ακόμα και η δυνατότητα να υποβληθεί σε μια αυτόματη περιήγηση εντός της δεξαμενής ή ακόμα και η δυνατότητα, με το πάτημα ενός απλού πλήκτρου να δώσει κίνηση στην ίδια την εικονική δεξαμενή.

Παρ' όλα αυτά, πολλά από τα συστήματα CAD, ευρέως διαδεδομένα σε όλες τις επιστημονικές κοινότητες, παρέχουν ρεαλιστικές απεικονίσεις μέσω της δυνατότητας που δίνουν στον χρήστη για την σχεδίαση τρισδιάστατων αντικειμένων. Το σημαντικό όμως μειονέκτημα που παρουσιάζουν είναι ότι δεν παρουσιάζουν δυναμικά χαρακτηριστικά, όχι σε επίπεδο χειρισμού, αλλά στον τρόπο παρουσίασης και προβολής μιας εργασίας η οποία έχει δημιουργηθεί μέσω των συστημάτων αυτών. Πιο συγκεκριμένα, δεν παρέχουν την δυνατότητα στον χρήστη να αλληλεπιδρά με το αντικείμενο και δεν υπάρχει η δυνατότητα της κίνησης (animation) ενός αντικειμένου παρά μόνο σε εξεζητημένα συστήματα CAD τα οποία παρουσιάζουν αυξημένο κόστος κτήσης και λειτουργίας αλλά και δεν είναι απόλυτα βέβαιο ότι μπορεί να χαρακτηριστούν ως συστήματα σχεδίασης. Επίσης παρουσιάζουν περιορισμό στη δημιουργία αυτομάτων περιηγήσεων μέσα σε τρισδιάστατους χώρους και περιβάλλοντα και γενικότερα αδυναμία δημιουργίας σεναρίων πραγματικών συνθηκών (π.χ. σενάριο πτήσης ενός εξομοιωτή πτήσεως, σενάριο αποφυγής σύγκρουσης κατά την διαδικασία ναυσιπλοΐας ενός πλοίου).

Παρόλα αυτά, μια πιο εκτεταμένη έρευνα για την διερεύνηση της εκπαιδευτικής αποτελεσματικότητας του Εικονικού Ναυπηγείου θα μπορούσε να γίνει μέσω κάποιου πειράματος το οποίο θα μπορούσε να αποτελέσει μια ενδιαφέρουσα συνέχεια της παρούσας εργασίας. Πιθανοί στόχοι αυτής της έρευνας θα μπορούσαν να είναι οι φοιτητές του τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς σε Προπτυχιακό αλλά και σε Μεταπτυχιακό Επίπεδο. Ένας τυπικός στόχος της μελλοντικής εργασίας θα μπορούσε να είναι η αλληλεπιδραστική εικονική παρουσίαση ενός ολοκληρωμένου Ναυπηγείου (είτε πραγματικού είτε φανταστικού) μέσω της VRML και όχι με την χρήση συστημάτων εμβύθισης, τα οποία θα καθιστούσαν την έρευνα ιδιαίτερα ακριβή, με σκοπό τη εξαγωγή και αξιολόγηση συμπερασμάτων για την αποτελεσματικότητα αυτής της εικονικής παρουσίασης. Η αξιολόγηση θα μπορούσε να γίνει συγκρίνοντας τις εμπειρίες και τις εντυπώσεις των φοιτητών πριν και μετά την παρουσίαση. Η σύγκριση θα μπορούσε να γίνει με τη βοήθεια τυπικών ερωτήσεων (ερωτηματολόγια) και της στατιστικής

ανάλυσής τους. Ένας άλλος τρόπος καθορισμού της αξίας του εικονικού Ναυπηγείου θα μπορούσε να ήταν η παρακολούθηση της νοητικής δραστηριότητας των φοιτητών κατά τη διάρκεια της εικονικής παρουσίασης. Η μέθοδος αυτή θα μπορούσε να δώσει ασφαλέστερα επιστημονικά συμπεράσματα, αλλά είναι αβέβαιο το κατά πόσο θα συμφωνούσαν οι φοιτητές του τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών να υποβληθούν σε ένα τέτοιο είδος νοητικού ελέγχου. Ωστόσο, είναι σχεδόν σίγουρο ότι και οι δύο παραπάνω προτεινόμενοι τρόποι θα απεδείκνυαν την εκπαιδευτική αξία του Εικονικού Ναυπηγείου.

Πολλές προτάσεις θα μπορούσαν να γίνουν σχετικά με τις εφαρμογές που θα μπορούσε να έχει ένα παρόμοιο εικονικό ναυπηγείο σε ένα τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών και όχι μόνο. Το εικονικό Ναυπηγείο της εργασίας αυτής θα μπορούσε να αποδειχθεί ένα αποτελεσματικό εργαλείο για τους νέους φοιτητές, οι οποίοι ενδεχομένως να μην έχουν δει ποτέ πριν ένα πραγματικό Ναυπηγείο. Μπορεί να τους βοηθήσει να κατανοήσουν με πιο ρεαλιστικό τρόπο τις βασικές αρχές λειτουργίας, οργάνωσης και της δομής ενός Ναυπηγείου καθώς επίσης και των κυριότερων τμημάτων αυτού, σε αντίθεση με αυτά που θα κατανοούσαν μέσω των δυνατοτήτων που προσφέρουν τα απλά δισδιάστατα σχέδια, σχεδιασμένα είτε με το χέρι είτε με συστήματα CAD. Μια πιο προηγμένη έκδοση του εικονικού Ναυπηγείου θα επέτρεπε σε πιο προχωρημένους ή πιο έμπειρους φοιτητές να κατανοήσουν και να απεικονίσουν βασικές αρχές της λειτουργίας και της διάταξης των τμημάτων ενός πραγματικού Ναυπηγείου. Πιο συγκεκριμένα θα μπορούσε να αποτελέσει μια ρεαλιστική απεικόνιση της παραγωγικής διαδικασίας κατασκευής ενός πλοίου με σκοπό να αναδειχθούν, πριν καν αρχίσει η κατασκευή, προβλήματα τα οποία θα μπορούσαν να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα στην πρόοδο της κατασκευής του πλοίου με ανυπολόγιστες συνέπειες όσον αφορά το κόστος παραγωγής.

Επίσης, θα μπορούσε να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο και κατά την σχεδίαση ενός νέου Ναυπηγείου και πιο συγκεκριμένα κατά την διαδικασία του σχεδιασμού της χωροταξικής διάταξης των τμημάτων του. Η σωστή διάταξη των τμημάτων (εγκαταστάσεων) ενός ναυπηγείου είναι πολύ σημαντική για την εύρυθμη λειτουργία ολόκληρου του ναυπηγείου και κατ' επέκταση την μείωση του κόστους παραγωγής της κατασκευής ή επισκευής ενός πλοίου και μπορεί να οριστεί ως η διευθέτηση των εγκαταστάσεων με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτευχθούν οι επιχειρησιακοί και λειτουργικοί του στόχοι με το δυνατόν ελάχιστο κόστος και παράλληλα με την μέγιστη αποδοτικότητα. Μια «φτωχή» χωροταξική διάταξη των εγκαταστάσεων ενός

ναυπηγείου μπορεί να αποδειχθεί καταστρεπτική σε ό, τι αφορά το κόστος παραγωγής και κατά συνέπεια την αποδοτικότητα και κερδοφορία αυτού. Κάποια από τις επιπτώσεις μιας λανθασμένης διάταξης των εγκαταστάσεων, συνοψίζονται ως παρακάτω:

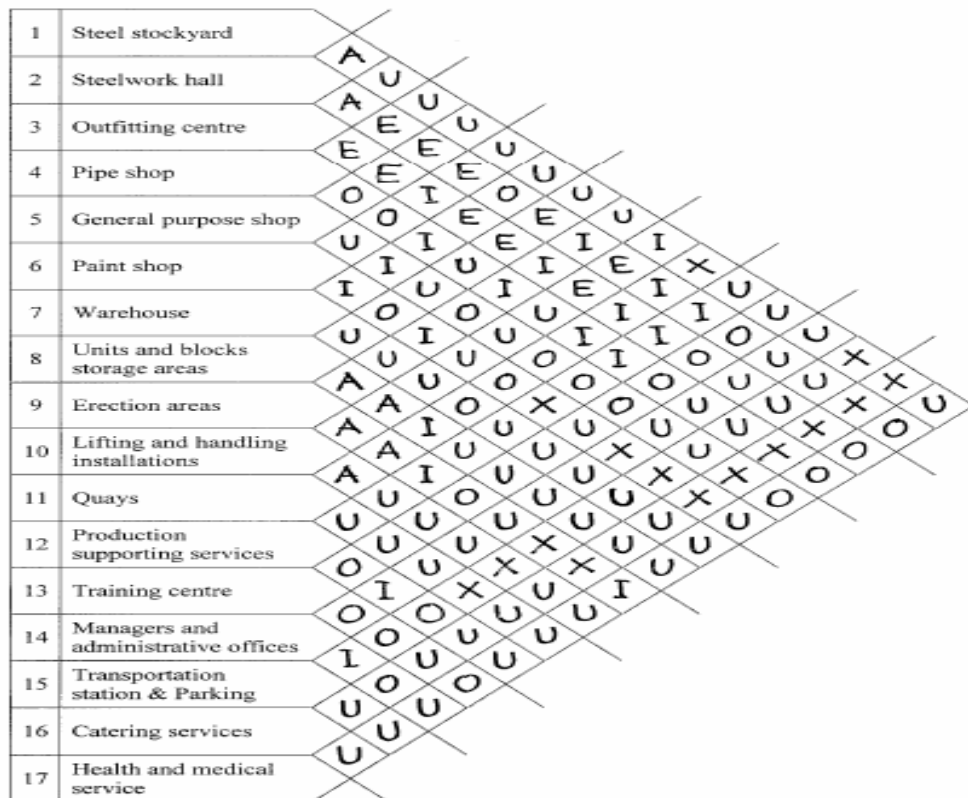
- μεγάλες διανυόμενες αποστάσεις κατά την μεταφορά των υλικών αλλά και κατά την μετακίνηση του εργατικού δυναμικού
- μεγάλο κόστος διαχείρισης των υλικών
- φτωχή ροή πληροφοριών μεταξύ των τμημάτων
- χαμηλό επίπεδο αξιοποίησης του εργατικού δυναμικού καθώς επίσης και των μηχανημάτων
- μη αποτελεσματικό σύστημα επικοινωνίας

Λαμβάνοντας υπ' όψη τα παραπάνω, αναδύεται το συμπέρασμα ότι κατά τον σχεδιασμό της διάταξης ενός ναυπηγείου είναι αναγκαίο να γίνει μια ποσοτική και ποιοτική εκτίμηση για την μετακίνηση των υλικών, του εργατικού δυναμικού καθώς επίσης και για την ροή των πληροφοριών μεταξύ των τμημάτων του ναυπηγείου (Francis and White, 1974). Μια πρώτη προσέγγιση ώστε να επιτευχθούν όλα τα παραπάνω, δίνοντας έμφαση στον προσδιορισμό της αλληλοσυσχέτισης μεταξύ των τμημάτων μιας εγκατάστασης, έγινε από τον Muther, ο οποίος πρότεινε την καθιέρωση του διαγράμματος σχέσης δραστηριοτήτων (Activity Relationship Chart). Το διάγραμμα αυτό αποτελεί μια ποιοτική παρά ποσοτική, εκτίμηση των παραμέτρων σε ό,τι αφορά την σχέση που έχουν τα τμήματα μεταξύ τους. Αποδείχθηκε πολύ χρήσιμο κατά τα αρχικά στάδια του σχεδιασμού μιας εγκατάστασης, μιας και σε αυτή την περίπτωση δεν υπάρχουν μετρήσιμα (ποσοτικά) στοιχεία (Muther, 1973) από τα οποία θα προέκυπταν σημαντικά συμπεράσματα. Στον πίνακα 1 παραθέτονται οι βαθμοί κοντινότητας μεταξύ των τμημάτων που προτείνει ο Muther, τονίζοντας το γεγονός ότι οι περισσότεροι από αυτούς που ασχολούνται με την σχεδίαση διατάξεων εισηγούνται στην έστω και μικρή συμμόρφωση με τα παρακάτω μεγέθη.

Βαθμός κοντινότητας μεταξύ των τμημάτων (closeness rating)	% από τον συνολικό αριθμό σχέσεων (of total number of relations)	Λόγοι η οποίοι οδηγούν στην επιθυμητή κοντινότητα (reasons for desired closeness)
A: Απολύτως απαραίτητη	<5	1. Επιπτώσεις στην ροή εργασιών
E: Ιδιαίτερος σημαντική	<10	2. Καλύτερη διαχείριση υλικών
I: Σημαντική	<15	3. Καλύτερη μεταφορά υλικών
O: Σχετικά σημαντική	<20	4. Διατάραξη του περιβάλλοντος
U: Ασήμαντη	>50	Κλπ.
X: Ανεπιθύμητη	<5	

Πίνακας 1: Πίνακας Murther

Εφαρμόζοντας όλα τα παραπάνω προτεινόμενα, για την βέλτιστη σχεδίαση της διάταξης ενός μικρού ναυπηγείο προοριζόμενο για τη ναυπήγηση και επισκευή πλοίων με νεκρό βάρος (Deadweight) από 1000 μέχρι 5000 τόνους, στο διάγραμμα 1 προκύπτει ο βαθμός σχέσης μεταξύ όλων των τμημάτων του που συμμετέχουν στην παραγωγική διαδικασία (Chabane, 2004).



Διάγραμμα 1: Βαθμός αλληλοσυσχέτισης των τμημάτων ενός ναυπηγείου

Όλα τα παραπάνω, αποτελούν σημαντικά θεωρητικά εργαλεία για Ναυτιλιακούς Οικονομολόγους, Μηχανικούς, Σχεδιαστές και γενικότερα για όσους εμπλέκονται στον αρχικό σχεδιασμό αλλά και την κατασκευή ενός Ναυπηγείου ανεξαρτήτως μεγέθους. Τα εργαλεία αυτά χρησιμοποιούνται στα αρχικά πρώιμα στάδια της σχεδίασης των ναυπηγείων και αποσκοπούν στην αποδοτικότερη λειτουργία αυτών, τα οποία όμως βασίζονται περισσότερο σε μεθόδους ποιοτικής αποτίμησης παραμέτρων συλλέγοντας στοιχεία από την λειτουργία ήδη υπαρχόντων ναυπηγείων, παρά σε μεθόδους εκτίμησης ποσοτικών στοιχείων.

Λαμβάνοντας κατά κύριο λόγο υπ' όψη την σπουδαιότητα της αλληλοσυσχέτισης των τμημάτων ενός ναυπηγείου, αλλά και το πόσο σημαντικό είναι να μειωθούν οι χρόνοι που χρειάζονται για την μεταφορά των υλικών και την μετακίνηση του εργατικού δυναμικού (Βλάχος, 2002) μια πιθανή εφαρμογή ενός συστήματος ΕΠ υπό μορφή εξομοίωσης της παραγωγικής διαδικασίας της κατασκευής, ή ακόμα και της επισκευής ενός πλοίου, θα μπορούσε να αποτελέσει πηγή άντλησης σημαντικών μετρήσιμων στοιχείων. Πιο συγκεκριμένα, με την πιθανή μελλοντική δημιουργία ενός εικονικού μοντέλου ναυπηγείου μέσω της VRML δίνεται η δυνατότητα να προσομοιωθούν όλες οι παραγωγικές διαδικασίες μεταξύ των τμημάτων του με σκοπό να μετρηθούν σε πραγματικό χρόνο οι αποστάσεις που χρειάζονται ώστε να μετακινηθούν τα υλικά και το εργατικό δυναμικό, να εντοπισθούν στάδια της παραγωγής τα οποία θα μπορούσαν να προκαλέσουν καθυστέρηση της παραγωγής κλπ. Παράλληλα η VRML δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να τροποποιήσει και να βελτιώσει το χωροταξικό σχεδιασμό του Ναυπηγείου, έχοντας εντοπίσει τα «τρωτά» σημεία του, πριν καν ακόμα υλοποιηθεί ο αρχικός σχεδιασμός αυτού. Και όλα αυτά μπορούν να πραγματοποιηθούν απλά μέσω της επιφάνεια εργασίας μιας οθόνης ενός Η/Υ, χωρίς τη χρήση HMD, γαντιών δεδομένων και άλλων περίπλοκων και ακριβών συσκευών. Η Εικονική Πραγματικότητα είναι πραγματική ακόμη και μπροστά από την οθόνη ενός Η/Υ.

Παράρτημα: Παραδείγματα σύνταξης κώδικα VRML που χρησιμοποιήθηκαν

Χρησιμοποίηση Java Scripting για την δημιουργία της αυτόματης περιήγησης:

```
url "javascript:
function activate(value) {
  time = 0
  path_points = coords.length;
  step_counter = 0;
  //initial rotation
  x0 = coords[0].x;
  y0 = coords[0].y;
  z0 = coords[0].z;
  x1 = coords[1].x;
  y1 = coords[1].y;
  z1 = coords[1].z;
  dist_x = x1 - x0;
  dist_y = y1 - y0;
  dist_z = z1 - z0;
  length = Math.sqrt(dist_x*dist_x+dist_y*dist_y+dist_z*dist_z);
  angle = Math.acos(dist_x/length);
  initial_rot = new SFRotation(0, 1, 0, angle);
  keys[0] = time;
  time += 1
  for (i = 0; i < path_points; i++) {
    dist_x = coords[i].x - x0;
    dist_y = coords[i].y - y0;
    dist_z = coords[i].z - z0;
    length = Math.sqrt(dist_x*dist_x+dist_y*dist_y+dist_z*dist_z);
    //rotation in rotate_time seconds:
    step_counter++;
    time = time + rotate_time;
    keys[step_counter] = time;
    //same position ...
    positions[step_counter].x = x0
    positions[step_counter].y = y0
    positions[step_counter].z = z0
    cosine = dist_x/length;
    angle = Math.acos(cosine);
    rotations[step_counter] = new SFRotation(0, 1, 0, angle - 1.57);
    //now the move in length/travel_speed seconds
    step_counter++;
    time = time + length/travel_speed;
    keys[step_counter] = time;
    positions[step_counter] = coords[i];
    rotations[step_counter] = new SFRotation(0, 1, 0, angle - 1.57);
    x0 = coords[i].x;
    y0 = coords[i].y;
    z0 = coords[i].z;
  } //normalise the keys over time
  for (i = 0; i < step_counter; i++) {
    keys[i] = keys[i]/time;
  }
  cycleTime = time;
} "
```

Συντεταγμένες που χρησιμοποιήθηκαν για την αυτόματη περιήγηση

DEF Guide_Script Script {

field SFFloat travel_speed 5

field SFFloat rotate_time 2

field MFVec3f coords [

0, 0, -19.06624984741211

0, 6.399750232696533, -19.06624984741211

-10.685250282287598, 6.399750232696533, -19.70400047302246

3.6960906982421875, 6.399750232696533, -19.769916534423828

3.6960906982421875, 10.463479995727539, -19.769916534423828

14.301424026489258, 10.463479042053223, -19.663068771362305

14.423758506774902, 12.831039428710938, -32.78628921508789

6.288351535797119, 9.587600708007812, -32.81443405151367

6.185011386871338, 9.587600708007812, -44.36102294921875

-9.54361343383789, 9.587600708007812, -55.8555908203125

-9.438915252685547, 12.759472846984863, -58.23142623901367

-9.44260025024414, 12.759472846984863, -64.13206481933594

-9.574381828308105, 12.759472846984863, -58.937774658203125

9.639076232910156, 12.759472846984863, -58.95294189453125

8.935395240783691, 12.759471893310547, -58.92304611206055

8.964529991149902, 12.759471893310547, -58.23643493652344

8.98896312713623, 9.832222938537598, -55.83889389038086

9.120712280273438, 9.832222938537598, -44.655216217041016

6.608428955078125, 9.832222938537598, -44.62955856323242

6.7363386154174805, 9.832222938537598, -32.079017639160156

6.1672892570495605, 9.832222938537598, -32.07518768310547

6.13693904876709, 9.832222938537598, -36.61326217651367

6.13693904876709, 17.442846298217773, -36.61326217651367

4.8811540603637695, 17.937854766845703, -36.60483169555664

4.805703639984131, 17.937854766845703, -47.88734817504883

4.692633152008057, 17.937854766845703, -49.865089416503906

10.632444381713867, 5.610540390014648, -64.17263793945312

11.175018310546875, 5.610540390014648, -90.2565689086914

11.175018310546875, 1.204229474067688, -90.2565689086914

-11.884214401245117, 5.533485412597656, -92.76897430419922

-13.255120277404785, 5.533485412597656, -143.5014190673828

22.7572021484375, 3.545886754989624, -39.402984619140625

13.997018814086914, 3.545886754989624, -4.056557655334473

5.278074264526367, 3.545886754989624, -1.4539164304733276

4.525179862976074, 3.545886993408203, -2.4265050888061523

4.525179862976074, -11.994927406311035, -2.4265050888061523

1.7309070825576782, -11.994927406311035, -17.051986694335938

1.7309070825576782, -4.984991550445557, -17.051986694335938

1.2103902101516724, -4.984991550445557, -24.698436737060547

1.2103902101516724, -11.91693115234375, -24.698436737060547

2.038642644882202, -11.91693115234375, -12.792582511901855

-2.3526675701141357, -11.91693115234375, -23.863624572753906

-2.249375343322754, -11.91693115234375, -24.1113338470459

-4.072272300720215, -11.91693115234375, -19.739816665649414

-4.072272300720215, -4.725991725921631, -19.739816665649414

-6.053907871246338, -4.725991725921631, -14.987634658813477

-6.053907871246338, 4.638008117675781, -14.987634658813477

-26.322601318359375, 4.638008117675781, 33.61903381347656

Κώδικας Φωτισμού των επιφανειών της δεξαμενής:

```
DEF DL1
DirectionalLight {
    direction 0 -1 0
    intensity 0.85
ambientIntensity 0.7
    color 1 1 1
},
Transform {
    translation 0 -3.9 -100

    children Shape {
        appearance Appearance {
            material Material {
                diffuseColor 0.0313726 0.239216 0.541176
                transparency 0.3
            }
        }
        geometry Box { size 300 0.01 300 }
    }
}
]
```

Κώδικας Φόντου του εικονικού περιβάλλοντος της δεξαμενής:

```
Background {
    skyColor [
        0.0 0.2 0.7,
        1 1 1
        0.0313726 0.239216 0.541176
    ]
    skyAngle [0.6, 1.6 ]
    groundColor [
        0.0313726 0.239216 0.541176
    ]
    groundAngle [1.571 ]
}
]
```

Κώδικας κόμβου κίνησης της δεξαμενής:

```
DEF Clock TimeSensor {
    cycleInterval 3
},
DEF dock moving downwards PositionInterpolator {
    key [ 0.0, 0.2, 0.5, 1, ]
    keyValue [
        0 0.0 0, 6 0.0 0,
        0 0.0 0, 0.0 0.0 0.0
    ]
}
]
```

Κώδικας κόμβου κειμένου, ο οποίος καλωσορίζει το χρήστη στην εικονική δεξαμενή:

```
DEF text10 Transform {
  translation 1.5, 30.72581100463867, -94.73759460449219
  rotation -1, 0, 0, 1
  children [
Shape {

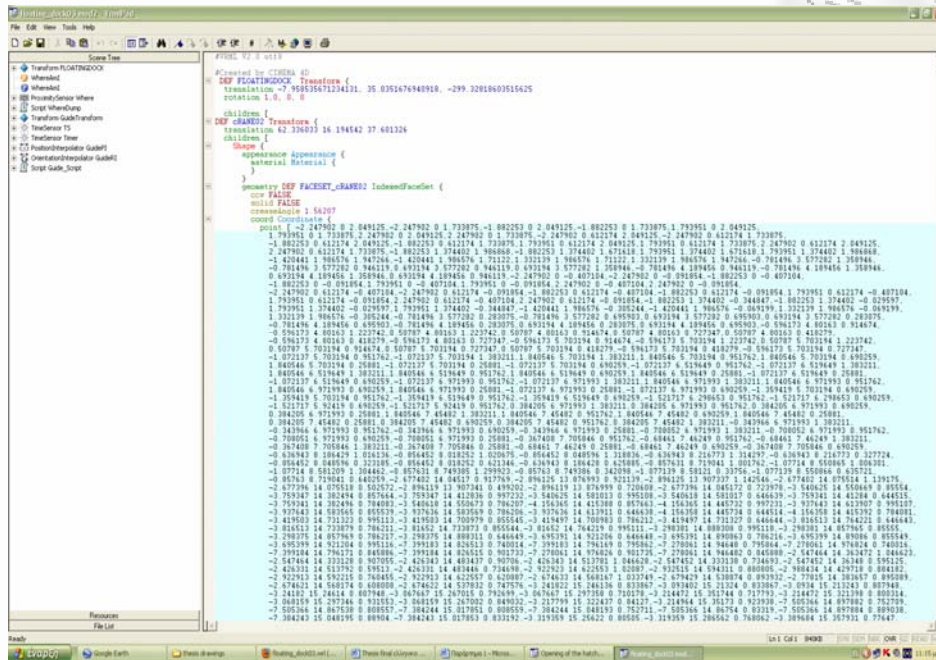
  appearance Appearance {
    material Material {
      diffuseColor 1 1 1
    }
  }

  geometry Text {
    string ["Welcome to the virtual floating dock. Press the red ball to start the
virtual tour "]
    fontStyle FontStyle {
      family "SERIF"
      style ""
      size 0.5
    }
  }
} ] }
```

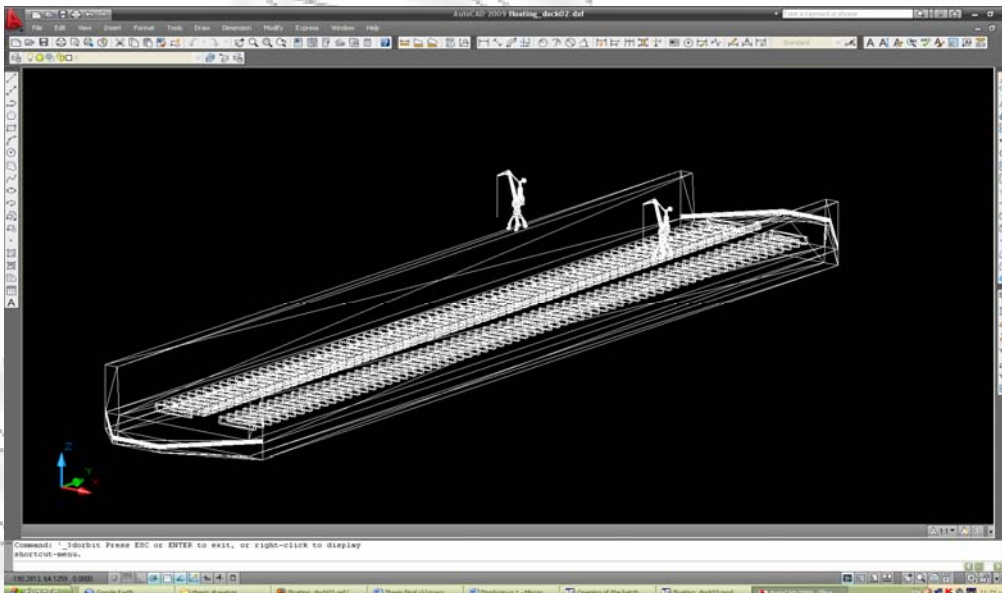
Χρησιμοποίηση Java Scripting (Where Am I) για τον προσδιορισμό της ακριβής θέσης εντός του εικονικού περιβάλλοντος για την δημιουργία αυτόματης περιήγησης:

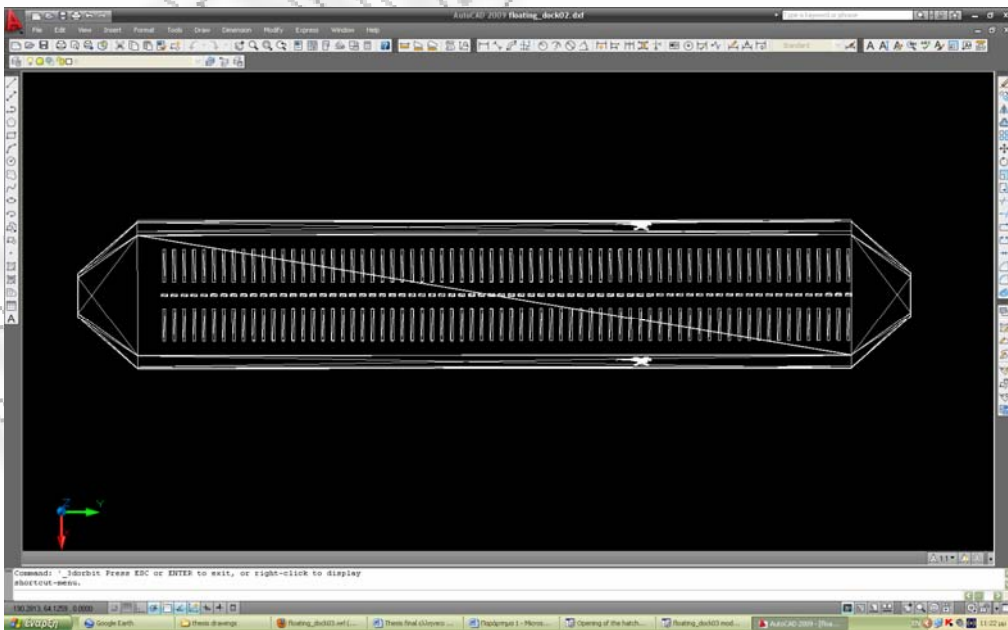
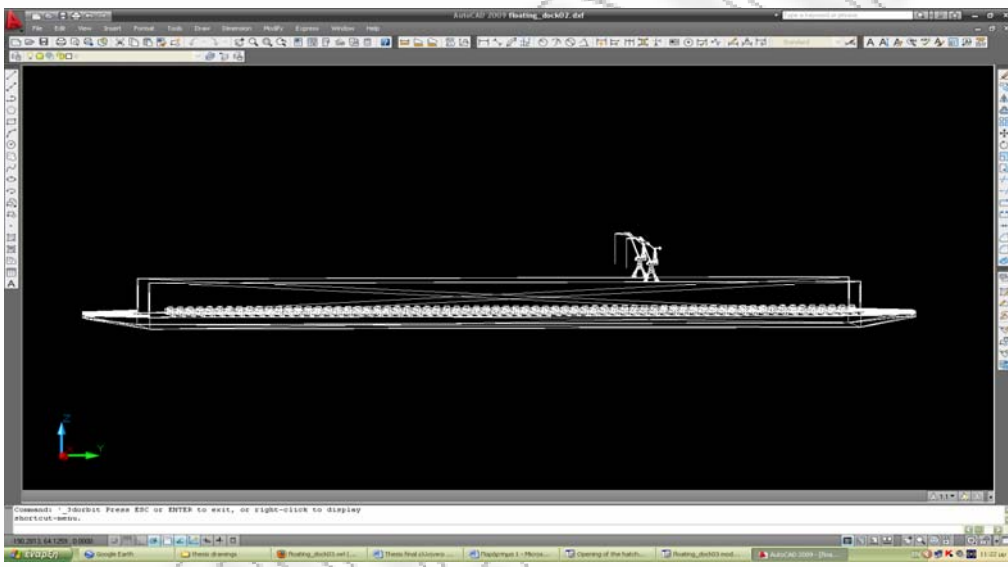
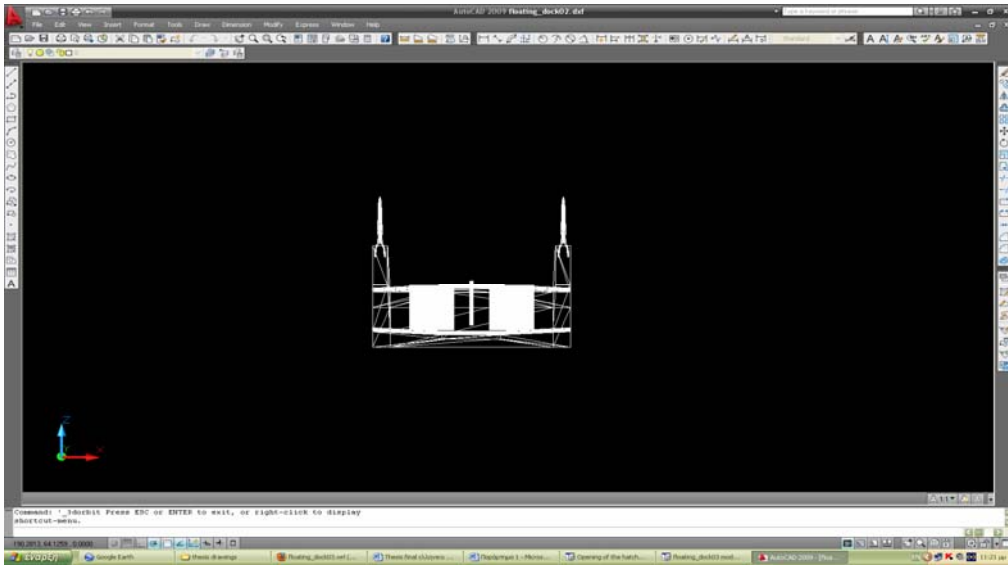
```
WhereAmI {}
DEF Where ProximitySensor {
  size 1000000 1000000 1000000
}
DEF WhereDump Script {
  eventIn SFVec3f position
  eventIn SFRotation orientation
  url "javascript:
  function position (value) {
    print ('Position (X,Y,Z) = ' + value[0] +
    ',' + value[1] + ',' + value[2]);
  }
  function orientation (value) {
    print ('Orientation (X,Y,Z,R) = ' + value[0] +
    ',' + value[1] + ',' + value[2] +
    ',' + value[3]);
  }
  "
}
```

Το περιβάλλον εργασίας του επεξεργαστή κειμένου της VRML (VRML Pad):



Η τρισδιάστατη πλωτή δεξαμενή σε διαφορετικές όψεις στο περιβάλλον εργασίας του AutoCad:





Βιβλιογραφία

- Εικόνα 1: Azuma, R. (1997). A Survey of Augmented Reality. In *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6. August 1997, pp 355-385.
- Εικόνα 2: Azuma, R. (1997). A Survey of Augmented Reality. In *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6. August 1997, pp 355-385.
- Εικόνα 3: Ανακτήθηκε την 01/12/2009 από την ιστοσελίδα:
<http://archive.ncsa.illinois.edu>
- Εικόνα 4: Ανακτήθηκε την 01/12/2009 από την ιστοσελίδα:
<http://archive.ncsa.illinois.edu>
- Εικόνα 5: Bilalis, N., Petousis, M., Antoniadis, A. (2003). Industrial Applications' simulation technologies in Virtual Environments. Part 1: Virtual Prototyping. *New Horizons in Industry and Education*. Santorini 28-29.8.2003, pp 458-463.
- Εικόνα 6: Gomes, A., Zachmann G. (1999). Virtual Reality as a Tool for Verification of Assembly and maintenance processes. In *Computers and Graphics*. Volume 23, Number 3, 1 June 1999, pp. 389-403, Elsevier.
- Εικόνα 7: Azuma, R. (1997). A Survey of Augmented Reality. In *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6. August 1997, pp 355-385.
- Εικόνα 8: Beier, K. P. (2000) 'Web-Based Virtual Reality in Design and Manufacturing Applications'. In *Proceedings of COMPIT '2000: 1st International Euroconference on Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries*. Potsdam, Germany, March 29-April 4, 2000.
- Εικόνα 9: Beier, K. P. (2000) 'Web-Based Virtual Reality in Design and Manufacturing Applications'. In *Proceedings of COMPIT '2000: 1st International Euroconference on Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries*. Potsdam, Germany, March 29-April 4, 2000.
- Εικόνα 10: Beier, K. P. (2000) 'Web-Based Virtual Reality in Design and Manufacturing Applications'. In *Proceedings of COMPIT '2000: 1st International Euroconference on Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries*. Potsdam, Germany, March 29-April 4 2000.
- Εικόνα 11: : Ανακτήθηκε την 29/11/2009 από την ιστοσελίδα www.pcmaritime.co.uk
- Εικόνα 12: : Ανακτήθηκε την 29/11/2009 από την εφαρμογή Google Earth μέσω της ιστοσελίδας <http://erath.google.com>

Διάγραμμα 1: Chabane H. (2004) Design of a Small Shipyard Facility Layout Optimised for Production and Repair. In *QUALIMA01 Symposium International : Qualité et Maintenance au Service de l'Entreprise- Tlemcen 2004*. Ανακτήθηκε την 15/11/2009 από την ιστοσελίδα <http://heberge.univ-tlemcen.dz>

Adams, N., & L. Lang (1995). "VR improves Motorola training program". In *Artificial Intelligence (AI) Expert*, 10 (5), pp. 13-14.

Azuma, R. (1997). "A Survey of Augmented Reality". In *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, August 1997, Volume 6, No 4, pp.355-385, MIT Press.

Ames, A.L., Nadeau, D.R, & J.L. Moreland (1997). *VRML 2.0 Sourcebook*, 2nd edition, John Wiley & Sons, New York.

Antonietti, A. & M. Cantoina (2000). "To see a painting versus to walk in a painting: an experiment on sense-making through Virtual Reality". In *Computers and Education*, No 34, pp. 213-223, Elsevier Science.

Aukstakanlis, S., & D. Blatner (1992). *Silicon Mirage*. SF. Roth (ed), Peachpit Press, Berkeley, CA, USA.

Βλάχος Γ. (2002). *Ναυπηγική Οικονομική και Στρατηγική*. Τζέι Τζέι Ελλάς, Πειραιάς.

Beier, K. P. (2000). "Web-Based Virtual Reality in Design and Manufacturing Applications". In *Proceedings of COMPIT 2000: 1st International Euroconference on Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries*, Potsdam, Germany, March 29- April 4, 2000, pp 45-55.
Ανακτήθηκε την 01.03.2009 από την ιστοσελίδα:
<http://www-vrl.umich.edu/beier/Papers/compit2000/WebBasedVR.htm>

Bilalis, N., Petousis, M. & A. Antoniadis (2003). "Industrial Applications' simulation technologies in Virtual Environments. Part 1: Virtual Prototyping". In *Proceedings of the Third International Conference "New Horizons in Industry and Education"*, Santorini, Greece, 28-29.8.2003, pp 458-463.

Breen, D. (1994). "Augmentent Reality for mechanical maintenance and repair". Adapted from the article "Applications and Demonstrators". In *ECRC Today*, p.6.
Ανακτήθηκε στις 08.02.2009 από την ιστοσελίδα:
http://www.cs.iupui.edu/~tuceryan/AR/mech_rep.html

Bricken, W. (1990a). 'Training in Virtual Reality'. In *HIT Lab Report R-90-3*. University of Washington, Seattle, USA: Human Interface Technology Laboratory, Washington Technology Center Press.
Ανακτήθηκε την 01.05.2009 από την ιστοσελίδα:
<http://www.hitl.washington.edu/publications/r-90-3>

Bricken, W. (1990b). 'Learning in Virtual Reality'. In *Memorandum HITL-M-90-5*. University of Washington, Seattle, USA: Human Interface Technology Laboratory, Washington Technology Center Press.

Ανακτήθηκε στις 02.06.2009 από την ιστοσελίδα:
<http://www.hitl.washington.edu/publications/m-90-5>

Brijs, P.A.J., Hoek, T.S., van der Mast, C.A.P.G. & G.J.F. Smets (1993). *Designing in Virtual Reality: Modelling Objects in a Virtual Environment (MOVE)*. Reports of the Faculty of Technical Mathematics and Informatics, No. 93-91, Delft Univ. of Technology, The Netherlands.

Byrne, C. (1993). 'Virtual Reality and Education'. In *Proceedings of the IFIP TC3/WG3.5 International Working Conference on Exploring a New Partnership: Children, Teachers and Technology*, Philadelphia, USA, 26 June - 1 July, 1994, pp.181-189.

Carey, R. & G. Bell (1997). *The Annotated VRML 2.0 Reference Manual*. Addison-Wesley, Essex, UK.

Caudell, T.P (1994). 'Introduction to augmented and virtual reality'. In *Proceedings of TTT*, pp. 272-281, Bellingham, WA: SPIE- The International Society for Optical Engineering.

Chabane H. (2004). Design of a Small Shipyard Facility Layout Optimized for Production and Repair. In *Proceedings of the QUALIMA01 Symposium International: Qualité et Maintenance au Service de l' Entreprise- Tlemcen 2004*.

Ανακτήθηκε την 15.11.2009 από την ιστοσελίδα:
http://heberge.univ-tlemcen.dz/~qualima/Art_Pdf/Art111.pdf

Doarn, C., Mehran, A., Thomas, L., Borderick, J., T. (2009). "Evaluation of Teleoperated Surgical Robots in an Enclosed Undersea Environment". In *Journal of Telemedicine and e-health*. Volume 15 (4), pp 325-335.

Coates, G. (1992). *Program from Invisible Site- a virtual show*. Multimedia performance work presented by George Coates Performance Works in March, 1992, San Francisco, CA, USA.

Day, P.N., Holt, P.O'B. & G.T Russel (2000). *A Comparison of Real and Virtual Worlds for Humans Experimentation*. Heriot-Watt University, Edinburgh: Image Systems Engineering Laboratory, Department of Computing and Electrical Engineering.

Dede C., Salzman M. C. & R. B. Loftin (1996). "ScienceSpace: Research on using Virtual Reality to Enhance Science Education". In *Proceedings of World Conference on Educational Multimedia and Hypermedia*, Boston, USA, pp. 172-177.

- Francis, R. L., and White, J., A. (1974). *Facility layout and location-An analytical approach*. Prentice-Hall Inc., Englewoods Cliffs, NJ
- Gomes, A. & G. Zachmann (1999). "Virtual Reality as a Tool for Verification of Assembly and Maintenance Processes". In *Computers and Graphics*, Volume 23, Number 3, pp. 389-403, Elsevier.
- Gomes, A. & P.Backe (1998). "Experience with virtual reality technologies in the prototyping process at BMW". In *Virtual Reality for Industrial Applications*, F. Dai (ed), pp.151-158, Springer: New York.
- Greenbaum, P. (1992). "The lawnmower man". In *Film and Video*, Vol.9, No 3, pp. 58-62, University of Illinois Press.
- Hartman, J. & J. Wernecke (1996). *The VRML 2.0 Handbook-Building Moving Worlds on the Web*, Addison-Wesley. Editions.
- Hill, L.C., Chan, C-S. & C. Cruz-Neira (1999). "Virtual Architecture Design Tool (VADeT) Video". In *Proceedings of IEEE Virtual Reality 1999 Video*, IEEE Computer Society, New York, USA.
Ανακτήθηκε στις 05.06.2009 από την ιστοσελίδα: <http://www.vrac.iastate.edu/>
- Hullfish, K. C. (1996) *Virtual Reality Monitoring: How Real is Virtual Reality?*. Master's Thesis, University of Washington, Seattle.
Ανακτήθηκε στις 10.10.2009 από την ιστοσελίδα: <http://www.hitl.washington.edu/publications/hullfish/>
- Isdale, J. (1993). *What is Virtual Reality? A Web-Based Introduction Version 4-Draft 1, September, 1998*.
Ανακτήθηκε στις 15.10.2009 από την ιστοσελίδα: <http://vr.isdale.com/WhatIsVR.html>
- Ishii, H., Kbayashi, M. & J. Grudin, (1992) "Integration of Inter-Personal Space and Shared Workspace: ClearBoard Design and Experiments". In *Proceedings of CSCW 1992, Conference on Computer Supported Cooperative Work*, October 31 - November 4, 1992, Toronto, Canada. pp. 33-42.
- Jullumstro, E., Werenskiold, P., & P. Berge (2001). "Safe handling and operational limits of high-speed ferries". In *The Naval Architect*, issue October, 2001, pp. 22-25, RINA Publications.
- Lehner, V. D. & T. A. DeFanti, (1997). "Distributed virtual reality: Supporting remote collaboration in vehicle design". In *IEEE Computer Graphics and Applications*, 17 (2). pp.13-17, IEEE Computer Society Publications.
- McCloy, R., & R. Stone (2001), "Science, medicine, and the future: Virtual reality in surgery". In *BMJ*, Vol. 323, pp.912-915, BMJ Publishing Group Ltd.
Ανακτήθηκε στις 11.07.2009 από την ιστοσελίδα: <http://bmj.com/cgi/content/full/323/7318/912>

- Mikropoulos, T. A. (1996). "Virtual Geography". In *VR in the Schools*, Vol. 2, No.2. Virtual Reality and Educational Laboratory Publications.
Ανακτήθηκε στις 07.04.2009 από την ιστοσελίδα: <http://vr.coe.edu/vrits/2-2Mikro.htm>
- Muther, R. (1973). *Systematic layout planning*. 2nd edition. Cahners Books, Boston, Massachusetts
- Purschke, F., Rabatje, R., Schulze, M., Starke, A., Symietz, M., & P. Zimmermann (1998). "Virtual reality (VR)- New methods for improving and accelerating vehicle development". In *Virtual Reality for Industrial Applications*, Fan Dai (ed.), pp.105-122, Springer-Verlag New York, Inc.
- Reiners, D., Stricker, D., Klinker, G. & S. Muller (1998). Augmented Reality for construction tasks: Doorlock Assembly. In *Proceedings of IEEE and IWAR 1998 (1st International Workshop on Augmented Reality)*, San Francisco, USA, Nov. 1998, pp 31-46.
- Rheingold, H. (1991). *Virtual Reality*, Martin Secker & Warburg, London, UK.
- Ribarsky, W., Bolter, J.D., Opdebosch, A. & R. van Teylingen (1994). *Visualization and Analysis using Virtual Reality*. Graphics, Visualization & Usability Centre, Georgia Institute of Technology, USA, Volume 14 , Issue 1, pp. 10 – 12, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, USA.
- Stangel, C., Pantelidis, V. (1997). "South Greenville Elementary School Virtual Reality Project". In *VR in the Schools*, Vol. 2, No.4. Virtual Reality and Educational Laboratory Publications.
- Steuer, J. (1992). "Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence". In *Journal of Communication*, 42 (4), pp.73-93, Wiley- Blackwell (published on behalf of the International Communication Association).
- Su, C. (2008). "The Performance Evaluation of An Intelligent Virtual Training System (IVTS)". In *Journal of Quality*, Vol. 15, No. 2, publisher Department of Industrial Engineering and Management, Yuan Ze University, Taiwan.
Ανακτήθηκε στις 25.06.2009 από την ιστοσελίδα:
http://joq.iem.yzu.edu.tw/Table_of_Contents/fullpaper/200804/04.pdf
- Sutherland, I.E. (1965). "The Ultimate Display Information Processing 1965". In *Proceedings of the IFIP Congress 1965*, vol. 2, pp. 506-508, Washington, DC, USA: Spartan Books.
- Tezuka, T., Gotto, A., Kashiva, K., Yoshikawa, H. & R. Kawano (1994). "A study on space interface for tele-operation system". In *Proceedings of the 3rd IEEE International Workshop on Robot and Human Communication RO-MAN 1994*, Nagoya, Japan, pp.62-67.

Vozenilek, J., Wang E., Kharasch, M., Anderson, B., Kalaria, A. (2006). “Simulation-based morbidity and mortality”. In official Journal of the Society for Academic Emergency Medicine, Vol. 13, No 1, pp 48-53

Winn, W. (1993). *A conceptual basis for educational application of virtual reality*. HITLab Tech Report R-93-9, University of Washington, Seattle, USA: Human Interface Technology Laboratory, Washington Technology Center Press.

Ανακτήθηκε την 25.06.2009 από την ιστοσελίδα:

<http://www.hitl.washington.edu/publications/r-93-9/>

Yeh, Tsung-Pin & J. M. Vance (1997). “Combining MSC/ NASTRAN, Sensitivity Methods and Virtual Reality to Facilitate Interactive Design”. In *Finite Elements in Analysis and Design*, Volume 26, Issue 2, June 1997, pp. 161 – 169, Elsevier Science Publishers B. V, Netherlands.