ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης Προϊόντων και Συστημάτων

Πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών: Σχεδίαση Διαδραστικών και Βιομηχανικών Προϊόντων και Συστημάτων

Διπλωματική εργασία

Πλοήγηση σε επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας (desktop virtual environments): Προβλήματα πλοήγησης σε σχέση με τα χαρακτηριστικά του χρήστη και σχεδιαστικές οδηγίες ευχρηστίας.

Βαρδαλά Αργυρώ

Dpsdm08003

Επιβλέπων: Σπυρίδων Βοσινάκης

Μέλη επιτροπής: Παναγιώτης Κουτσαμπάσης

Τζένη Δαρζέντα

ΣΥΡΟΣ ΙΟΥΝΙΟΣ 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή 10
1.1 Περιγραφή του προβληματικού χώρου 11
1.2 Καθορισμός στόχων της εργασίας 12
1.3 Μεθοδολογία της έρευνας 13
1.4 Οργάνωση της εργασίας 14
2. Επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας (Desktop VR systems or Non-immersive or Fish tank VR systems or Monitor-based VR) 17
2.1 Συσκευές εισόδου 17
2.1.1 Πληκτρολόγιο (keyboard) 18
2.1.2 Ποντίκι (2D mouse) 19
2.1.3 Χειριστήριο (Joystick) 20
2.2 Αλληλεπίδραση (Interaction) 21
2.3 Πλεονεκτήματα & μειονεκτήματα επιτραπέζιων συστημάτων εικονικής πραγματικότητας 21
2.3.1 Πλεονεκτήματα 22
2.3.2 Μειονεκτήματα 23
2.4 Συμπεράσματα 24
3. Πλοήγηση 26
3.1 Προσδιορισμοί ορολογίας 26
3.1.1 Μετακίνηση (Locomotion or motion) 27
3.1.2 Κίνηση (Travel) 28
3.1.2.1 Μεταφορές πλοήγησης 29
3.1.3 Εύρεση μονοπατιού (Wayfinding) 31
3.2 Διεργασίες κίνησης (Travel tasks) 34
3.3 Χωρική γνώση (Spatial Knowledge) 34
3.3.1 Γνώση οροσήμων (Landmark knowledge) 35
3.3.2 Γνώση διαδρομής (Route or Procedural knowledge) 36
3.3.3 Τοπογραφική γνώση (Survey or configurational knowledge) 36

3.3.4 Ανάπτυξη γνωστικού χάρτη (Cognitive map or Mental map) 38
3.4 Διαφορές πλοήγησης μεταξύ εικονικού και πραγματικού κόσμου 40
3.4.1 Η πλοήγηση στον πραγματικό κόσμο 41
3.4.1.1 Η συμπεριφορά του χρήστη 41
3.4.1.2 Ο έλεγχος της κίνησης 42
3.4.1.3 Το οπτικό πεδίο 42
3.4.2 Η πλοήγηση στον εικονικό κόσμο (Desktop VR) 42
3.4.2.1 Η συμπεριφορά του χρήστη 43
3.4.2.2 Ο έλεγχος της κίνησης 44
3.4.2.3 Το οπτικό πεδίο 45
3.5 Χαρακτηριστικά εικονικού περιβάλλοντος που επηρεάζουν την πλοήγηση 46
3.6 Εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας στα επιτραπέζια συστήματα 49
3.6.1 Αρχιτεκτονική περιήγηση (Architectural Walkthroughs) .. 49
3.6.1.1 Εικονικά μουσεία 51
3.6.2 Ηλεκτρονικά παιχνίδια (Computer games) 52
3.6.3 Ψυχαγωγία - Εικονικές κοινότητες (Virtual communities) 52
3.7 Εκμάθηση διάταξης εικονικού περιβάλλοντος (Learning virtual environment's layout) 53
3.8 Συμπεράσματα 54
4. Χρήστης 56
4.1 Τα χαρακτηριστικά του χρήστη 56
4.1.1 Το φύλο του χρήστη 56
4.1.1.1 Άντρες 57
4.1.1.2 Γυναίκες 58
4.1.2 Η ηλικία του χρήστη 60
4.1.3 Οι γνωστικές ικανότητες του χρήστη 62
4.1.4 Οι μαθησιακές ικανότητες του χρήστη 64

4.1.5 Η εμπειρία του χρήστη με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές 65
4.1.6 Η εμπειρία του χρήστη με εικονικά περιβάλλοντα 65
4.1.7 Το μορφωτικό επίπεδο του χρήστη 66
4.1.8 Προσωπικότητα 67
4.1.8.1 Κίνητρα και προσωπικοί στόχοι (Motivation)..... 67
4.1.8.2 Συναισθήματα..... 68
4.2 Συμπεράσματα 69
5. Προβλήματα πλοήγησης στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας 73
5.1 Αποπροσανατολισμός (Disorientation) 73
5.1.1 Σε λειτουργίες ή ελλείψεις της διεπαφής (User interface)74
5.1.2 Σε σχεδιαστικές ελλείψεις της μοντελοποίησης του περιβάλλοντος..... 76
5.1.3 Σε ελλείψεις του συστήματος..... 79
5.2 Συμπεράσματα 81
6. Προτάσεις για την υποστήριξη της πλοήγησης του χρήστη 83
6.1 Μοντελοποίηση του εικονικού περιβάλλοντος 84
6.1.1 Ορόσημα (Landmarks) 84
6.1.2 Προσωπικοί πράκτορες (Personal agents or assistant) ... 87
6.1.4 Τρισδιάστατα βέλη – οδηγοί 88
6.1.5 Σημαδεμένες διαδρομές για προκαθορισμένους προορισμούς (Mark user - defined location)..... 88
6.1.6 Εισαγωγή χρωμάτων, υφών (textures) 88
6.1.7 Χρήση ήχου για τη μεταφορά πληροφορίας 89
6.1.8 Ένταξη συνθετικού ηλίου στο εικονικό σκηνικό 90
6.2 Λειτουργία της διεπαφής 91
6.2.1 Ηλεκτρονικοί χάρτες (Electronic maps) 92
6.2.2 Μικρογραφία του εικονικού περιβάλλοντος (The world in miniature)..... 94
6.2.3 Πανοραμική άποψη του εικονικού περιβάλλοντος (Bird-eye view)..... 95

6.2.4 Worldlets 96
6.2.5 Εφοδιασμός του χρήστη με ειδικές ικανότητες 98
6.2.6 Προτεινόμενες διαδρομές - μεθοδολογία frequent wayfinding - sequence (FWS) 98
6.2.7 Ίχνη (Trails) 100
6.2.8 Όργανο καθοδήγησης (Instrument guidance) 101
6.2.9 Δυνατότητα επιλογής του χρήστη ανάμεσα σε πλοήγηση με *avatar* ή χωρίς 101
6.2.10 Magallanes 102
6.2.11 Καθοδήγηση της πλοήγησης με περιορισμό κίνησης (Navigation guidance using motion constraints) 104
6.2.12 Οπτικοποίηση του χρήστη – VU - Flow (Visualization of Users' Flow) 104
6.2.13 Δυνατότητα διαφάνειας των αντικειμένων (See through surfaces) 105
6.3 Λειτουργία του συστήματος 106
6.3.1 Ο έλεγχος της κίνησης από μία μοναδική συσκευή (όπως ποντίκι, χειριστήριο) 106
6.3.2 Επιλογή αναίρεσης του λάθους (undo) 106
6.3.3 Η αύξηση του πεδίου όρασης του χρήστη 107
6.3.4 Η 'Τεχνολογία προφορικού διαλόγου' (Spoken dialogue technology) 107
6.3.5 Αλληλεπίδραση βασισμένη στο σώμα (Body-based desktop interaction) – αναγνώριση κινήσεων (Gesture interfaces) 110
6.3.6 Περιφερειακοί φακοί (Peripheral lenses) 112
6.4 Συμπεράσματα 113
7. Ευχρηστία 115
7.1 Αξιολόγηση ευχρηστίας 116
7.1.1 Μέθοδοι αξιολόγησης ευχρηστίας για τα εικονικά περιβάλλοντα 117
7.1.2 Ταξινόμηση των μεθόδων αξιολόγησης ευχρηστίας για τα εικονικά περιβάλλοντα 118

7.2 Αξιολόγηση ευχρηστίας της διεπαφής του χρήστη 119
7.3 Αξιολόγηση ευχρηστίας του συστήματος 123
7.4 Σχεδιαστικές οδηγίες ευχρηστίας για την υποστήριξη της πλοήγησης του χρήστη 124
7.5 Συμπεράσματα 130
8. Πείραμα 131
8.1 Καθορισμός στόχων 132
8.2 Σχεδιασμός πρωτοτύπου 133
8.3 Αξιολόγηση πρωτοτύπου 136
8.3.1 Μέθοδος αξιολόγησης 137
8.4 Χρήστες 138
8.4.1 Χαρακτηριστικά χρηστών 138
8.5 Εξοπλισμός 139
8.6 Σενάριο χρήσης 139
8.7 Μετρήσεις 140
8.8 Διαδικασία 140
8.9 Υποθέσεις 142
8.10 Αποτελέσματα – Συγκέντρωση και ερμηνεία 143
8.10.1 Γενικά αποτελέσματα - παρατηρήσεις 144
8.10.2 Αποτελέσματα αξιολόγησης 147
8.10.2.1 Αξιολόγηση του ηλεκτρονικού χάρτη ως βοήθημα πλοήγησης του χρήστη 148
8.10.2.2 Αξιολόγηση των οροσήμων ως βοήθημα πλοήγησης του χρήστη 150
8.10.2.3 Αξιολόγηση του συνδυασμού των βοηθημάτων πλοήγησης του πρωτοτύπου (ηλεκτρονικός χάρτης – ορόσημα) 151
8.10.2.4 Απόδοση πλοήγησης σε σχέση με την ηλικία του χρήστη 152
8.10.2.5 Απόδοση πλοήγησης σε σχέση με το φύλο του χρήστη 155

8.10.2.6 Απόδοση πλοήγησης σε σχέση με την εμπειρία του χρήστη με ηλεκτρονικούς υπολογιστές 158
8.11 Συμπεράσματα 162
8.12 Προτάσεις..... 165
9. Γενικά συμπεράσματα 167
Αναφορές 170
Πηγές από το διαδίκτυο: 180
Παράρτημα 180
Α. Ερωτηματολόγιο πειράματος..... 180

Λίστα εικόνων

Εικόνα 1. Πληκτρολόγιο 19
Εικόνα 2. Ποντίκι..... 20
Εικόνα 3. Χειριστήριο 20
Εικόνα 4. Η έννοια της πλοήγησης (Sherman & Craig, 2003)..... 29
Εικόνα 5. Θεωρητικό μοντέλο εύρεσης μονοπατιού (Chen & Stanney, 1999). 33
Εικόνα 6. Γενική επισκόπηση πλοήγησης (Smith & Hart, 2006). 46
Εικόνα 7. Η πηγή του ήχου βοηθά το χρήστη να αποφασίσει τη διαδρομή που θα ακολουθήσει (Dodiya & Alexandrov, 2008). 90
Εικόνα 8. Ο συνθετικός ήλιος τοποθετείται συνήθως χαμηλά στον ορίζοντα έτσι ώστε να είναι ευκρινής στο χρήστη (Darken & Peterson, 2001). 91
Εικόνα 9. Πλοήγηση με τον τρισδιάστατο χάρτη (Chittaro & Venkataraman, 2006). 93
Εικόνα 10. Βαθμός δυσκολίας εικονικού περιβάλλοντος σύμφωνα με τους χρήστες. 147
Εικόνα 11. Αξιολόγηση του ηλεκτρονικού χάρτη ως βοήθημα πλοήγησης - απαντήσεις των χρηστών από τα ερωτηματολόγια... 149
Εικόνα 12. Αξιολόγηση των οροσήμων ως βοήθημα πλοήγησης - απαντήσεις χρηστών από τα ερωτηματολόγια. 151

Εικόνα 13. Συνδυασμός των βοηθημάτων πλοήγησης (ηλεκτρονικός χάρτης - ορόσημα) - Απαντήσεις χρηστών από τα ερωτηματολόγια. 152
Εικόνα 14. Η διάρκεια πλοήγησης σε σχέση με την ηλικία του χρήστη..... 154
Εικόνα 15. Ο αριθμός συγκρούσεων σε σχέση με την ηλικία του χρήστη..... 154
Εικόνα 16. Η συνολική απόδοση πλοήγησης σε σχέση με την ηλικία του χρήστη. 155
Εικόνα 17. Διάρκεια πλοήγησης χρηστών - Σύγκριση αντρών - γυναικών..... 156
Εικόνα 18. Μέσος όρος διάρκειας πλοήγησης των δύο φύλων. 157
Εικόνα 19. Αριθμός συγκρούσεων χρηστών - Σύγκριση αντρών - γυναικών..... 157
Εικόνα 20. Μέσος όρος αριθμών συγκρούσεως των δύο φύλων... 158
Εικόνα 21. Η εμπειρία του αντρικού φύλου με τους Η/Υ. 159
Εικόνα 22. Η εμπειρία του γυναικείου φύλου με τους Η/Υ..... 159
Εικόνα 23. Η εμπειρία του συνόλου των χρηστών με τους Η/Υ. ... 160
Εικόνα 24. Μέσος όρος της διάρκειας πλοήγησης των χρηστών σε σχέση με την εμπειρία τους με Η/Υ..... 160
Εικόνα 25. Μέσος όρος των αριθμών συγκρούσεων των χρηστών σε σχέση με την εμπειρία τους με Η/Υ..... 161
Εικόνα 26. Η αξιολόγηση ευχρηστίας των βοηθημάτων πλοήγησης σε σχέση με την εμπειρία του χρήστη με Η/Υ. 162

Λίστα πινάκων

Πίνακας 1. Ορόσημα/Τύποι στοιχείων γνωστικού χάρτη & λειτουργίες (N. Vinson, 1999).....40
Πίνακας 2. Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά για κτίρια – ορόσημα (N. Vinson, 1999).....127

Ε Υ Χ Α Ρ Ι Σ Τ Ι Ε Σ

Ευχαριστώ τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Σπυρίδωνα Βοσινάκη για τη συνεχή βοήθεια και καθοδήγηση.

Επίσης ευχαριστώ την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την συμπαράσταση και την υποστήριξή τους σε αυτήν μου την προσπάθεια.

1. Εισαγωγή

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας και του διαδικτύου έχουν πλέον καθιερώσει τη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή στις καθημερινές δραστηριότητες. Οι χρήστες ολοένα και αυξάνονται, χρησιμοποιώντας τον υπολογιστή για επαγγελματικούς και προσωπικούς σκοπούς. Η τεχνολογική εξέλιξη έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία και διάδοση της τεχνολογίας της εικονικής πραγματικότητας. Η εικονική πραγματικότητα είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει την αλληλεπίδραση του χρήστη με την προσομοίωση ενός περιβάλλοντος (πραγματικού ή φανταστικού) σε πραγματικό χρόνο, που προέρχεται από ηλεκτρονικό υπολογιστή (W. Sherman & A. Craig, 2003). Ο όρος ¨εικονική πραγματικότητα¨ αναφέρεται και με άλλους όρους όπως εικονικός κόσμος, εικονικό περιβάλλον ή σύστημα εικονικού περιβάλλοντος. Τα εικονικά περιβάλλοντα χρησιμοποιούν εξειδικευμένο υλικό και μπορούν να εφαρμοστούν σε διάφορους τομείς όπως αρχιτεκτονική, ιατρική, εκπαίδευση, ψυχαγωγία κτλ. Πολλές εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας προσφέρουν στο χρήστη τη δυνατότητα της αλληλεπίδρασης μέσω της μετακίνησης αντικειμένων ή μέσω της πρόκλησης κάποιας ενέργειας π.χ. ενεργοποίηση ενός διακόπτη (H.M.Sayers et al., 2004). Τα χαρακτηριστικά ενός εικονικού περιβάλλοντος διαφέρουν πολύ από αυτά του πραγματικού κόσμου. Περιορισμοί όπως η βαρύτητα, η πυκνότητα και ο χρόνος δεν ισχύουν απαραίτητα στα εικονικά περιβάλλοντα (C.-H. Chen et al., 2009).

Τα εικονικά περιβάλλοντα κατηγοριοποιούνται με βάση το κριτήριο των συσκευών εισόδου ή ανάλογα με το βαθμό της εμβύθισης που προσφέρουν. Η εμβύθιση επιτυγχάνεται όταν ο χρήστης προσηλώνεται σε ένα στόχο μέσα στο εικονικό περιβάλλον, αγνοώντας για λίγο τον πραγματικό κόσμο. Τα εικονικά περιβάλλοντα χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- στα περιβάλλοντα εμβύθισης (immersive environments) στα οποία χρησιμοποιούνται συσκευές που απομονώνουν τον χρήστη από το εξωτερικό περιβάλλον (π.χ. στερεοσκοπικά κράνη- HMD)
- στα περιβάλλοντα οθόνης (desktop environments or non-immersive or fish tank) όπου ο χρήστης εισέρχεται στο εικονικό περιβάλλον μέσω της οθόνης του υπολογιστή και παράλληλα αντιλαμβάνεται και τον πραγματικό κόσμο.
- στα περιβάλλοντα προβολής (projected environments) που αναφέρονται σε ένα πραγματικό περιβάλλον πάνω στο οποίο προβάλλεται ένα εικονικό (όπως το σύστημα CAVE)
- στα περιβάλλοντα επαυξημένης πραγματικότητας (augmented environments) που αποτελούνται από τον πραγματικό κόσμο σε συνδυασμό με εικονικά αντικείμενα τα οποία προβάλλονται πάνω σε αυτόν.

1.1 Περιγραφή του προβληματικού χώρου

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας τα εικονικά περιβάλλοντα διαδόθηκαν σημαντικά και αυξήθηκαν τα προϊόντα και οι εφαρμογές που προσφέρουν. Συγκεκριμένα τα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας είναι ιδιαίτερα διαδεδομένα υπό την έννοια ότι δεν απαιτούν ακριβό εξοπλισμό και μεγάλο χώρο για να εγκατασταθούν. Κάθε χρήστης με προσωπικό ηλεκτρονικό υπολογιστή έχει τη δυνατότητα να βιώσει την εμπειρία της εικονικής πραγματικότητας μέσω των εφαρμογών της. Ενώ έχουν μεγάλη απήχηση στους χρήστες, οι ίδιοι συχνά αντιμετωπίζουν προβλήματα πλοήγησης τα οποία οφείλονται σε διάφορους παράγοντες. Η απουσία ή η δυσχρηστία βοηθημάτων πλοήγησης καθώς και σχεδιαστικές αδυναμίες των διεπαφών αποτελούν μερικούς από αυτούς τους παράγοντες συστήματος (Darken et al., 1998). Έπειτα τα προσωπικά χαρακτηριστικά του χρήστη όπως το φύλο, η ηλικία, η

εμπειρία με εικονικά περιβάλλοντα, η εξοικείωση με τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, κ.α. αποτελούν επιπρόσθετους παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση πλοήγησης. Οι χρήστες χρειάζονται εύχρηστες διεπαφές και κατάλληλα βοηθήματα, έτσι ώστε να μειωθούν στο ελάχιστο τα προβλήματα πλοήγησης και να αυξηθεί η απόδοσή τους.

Στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας δεν έχουν πραγματοποιηθεί πολλές μελέτες όσον αφορά την υποστήριξη πλοήγησης του χρήστη, σε σχέση με άλλες κατηγορίες εικονικών περιβαλλόντων. Πολλά από τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας που σχεδιάζονται είναι συχνά πολύπλοκα και δυσνόητα για έναν αρχάριο χρήστη ενώ τα βοηθήματα πλοήγησης που περιλαμβάνουν δεν είναι πάντα κατάλληλα για την εκάστοτε εφαρμογή.

1.2 Καθορισμός στόχων της εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με τα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας (desktop environments). Η κατηγορία αυτή είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη υπό την έννοια ότι απαιτεί χαμηλό κόστος εξοπλισμού και περιλαμβάνει ποικίλες εφαρμογές. Βασικοί στόχοι της εργασίας είναι:

- ο εντοπισμός των προβλημάτων πλοήγησης στα συγκεκριμένα εικονικά περιβάλλοντα
- η έρευνα σχετικά με την επίδραση της ηλικίας, του φύλου και της εμπειρίας του χρήστη με ηλεκτρονικούς υπολογιστές στην απόδοση της πλοήγησης
- η καταγραφή των βοηθημάτων πλοήγησης που προκύπτει από τη βιβλιογραφική μελέτη όσον αφορά τα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας
- η εύρεση σχεδιαστικών οδηγιών ως προς τη μοντελοποίηση του περιβάλλοντος και την ευχρηστία της διεπαφής

- η ανάπτυξη ενός πρωτοτύπου με σκοπό την αξιολόγηση του ηλεκτρονικού χάρτη και των οροσήμων ως κατάλληλα βοηθήματα πλοήγησης για τα συγκεκριμένα εικονικά περιβάλλοντα

1.3 Μεθοδολογία της έρευνας

Αρχικά πραγματοποιήθηκε μελέτη της βιβλιογραφίας σχετικά με τα προβλήματα πλοήγησης που αντιμετωπίζει ένας χρήστης που αλληλεπιδρά με επιτραπέζια εικονικά περιβάλλοντα. Στη συνέχεια ερευνήθηκαν οι παράγοντες που προκαλούν τα συγκεκριμένα προβλήματα καθώς και το αντίκτυπο που έχουν. Προέκυψε πως τα χαρακτηριστικά του χρήστη και οι σχεδιαστικές ελλείψεις των συστημάτων ευθύνονται για χαμηλή απόδοση πλοήγησης. Παράλληλα εντοπίστηκαν επιμέρους παράγοντες και στοιχεία των εικονικών περιβαλλόντων που συνδέονται με την απόδοση της πλοήγησης. Έπειτα συγκεντρώθηκαν οι προτάσεις βελτίωσης και οι σχεδιαστικές προδιαγραφές για την υποστήριξη της πλοήγησης του χρήστη, όπως προέκυψαν από την βιβλιογραφική έρευνα. Επιλέχθηκαν δύο βοηθήματα πλοήγησης (ηλεκτρονικός χάρτης και ορόσημα) με σκοπό να εφαρμοστούν σε ένα πειραματικό επιτραπέζιο εικονικό περιβάλλον και στη συνέχεια να αξιολογηθούν. Έπειτα δημιουργήθηκε ένα πρωτότυπο για την αξιολόγηση των βοηθημάτων πλοήγησης σε σχέση με τα χαρακτηριστικά του χρήστη και καταστρώθηκαν τα σενάρια χρήσης του εικονικού περιβάλλοντος.
Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η παρακάτω:

- εντοπισμός γενικών χαρακτηριστικών των επιτραπέζιων συστημάτων εικονικής πραγματικότητας
- καταγραφή των χαρακτηριστικών του χρήστη και του βαθμού που επηρεάζουν την απόδοση της πλοήγησης
- συγκέντρωση των προβλημάτων της πλοήγησης του χρήστη

- συγκέντρωση βοηθητικών εργαλείων πλοήγησης του χρήστη και σχεδιαστικών οδηγιών που προκύπτουν από την βιβλιογραφία
- έρευνα της αξιολόγησης των βοηθημάτων πλοήγησης και των διεπαφών του χρήστη που έχουν προταθεί
- ανάπτυξη ενός πρωτοτύπου το οποίο είναι βασισμένο στο θεωρητικό μέρος της εργασίας και στοχεύει να συσχετίσει, να επιβεβαιώσει ή να διαφωνήσει με αποτελέσματα παρόμοιων μελετών. Από τα αποτελέσματα της αξιολόγησης του πρωτοτύπου αναμένεται να προκύψουν συμπεράσματα ως προς την ευχρηστία και τη σχεδίαση του ηλεκτρονικού χάρτη και των οροσήμων καθώς και προτάσεις για την βελτίωση της απόδοσης πλοήγησης του χρήστη με βάση τα συγκεκριμένα βοηθήματα.

1.4 Οργάνωση της εργασίας

Η οργάνωση της εργασίας είναι η παρακάτω:
Κεφάλαιο 1: Στο πρώτο κεφάλαιο εισάγεται η έννοια της εικονικής πραγματικότητας και γίνεται κατηγοριοποίηση των συστημάτων της. Στη συνέχεια περιγράφεται ο προβληματικός χώρος των επιτραπέζιων εικονικών συστημάτων, με βάση τον οποίο πορεύεται η παρούσα διπλωματική εργασία. Τέλος διατυπώνονται οι στόχοι της διπλωματικής εργασίας και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ως προς το ερευνητικό κομμάτι.
Κεφάλαιο 2: Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στις βασικές συσκευές εισόδου που χρησιμοποιούν τα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας και στον τρόπο που επιτυγχάνεται η αλληλεπίδραση του χρήστη με το σύστημα. Έπειτα γίνεται σύγκριση μεταξύ των συσκευών εισόδου και συγκεντρώνονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των επιτραπέζιων συστημάτων.

Κεφάλαιο 3: Το τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται στην έννοια της πλοήγησης του χρήστη. Απαριθμούνται οι μέθοδοι μετακίνησης σε ένα επιτραπέζιο εικονικό περιβάλλον και προσδιορίζονται όροι συναφείς με την κίνηση του χρήστη και την επιλογή μιας διαδρομής. Επίσης αναλύεται η απόκτηση χωρικής γνώσης και η ανάπτυξη γνωστικού χάρτη που αποτελούν τις βασικές προϋποθέσεις για την αποτελεσματική πλοήγηση. Έπειτα αναφέρονται τα χαρακτηριστικά του εικονικού περιβάλλοντος που επηρεάζουν την πλοήγηση. Τέλος κατηγοριοποιούνται τα επιτραπέζια εικονικά περιβάλλοντα ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν.

Κεφάλαιο 4: Το τέταρτο κεφάλαιο εστιάζει στα προσωπικά χαρακτηριστικά του χρήστη τα οποία επηρεάζουν την απόδοση της πλοήγησης.

Κεφάλαιο 5: Στο πέμπτο κεφάλαιο καταγράφονται τα προβλήματα πλοήγησης του χρήστη, τα οποία ταξινομούνται ως προς: τις λειτουργίες του συστήματος, τις σχεδιαστικές ελλείψεις του συστήματος και τις ελλείψεις της διεπαφής του χρήστη. Στην συνέχεια αναλύονται ορισμένοι επιμέρους παράγοντες που επηρεάζουν την πλοήγηση ή προκαλούν προβλήματα.

Κεφάλαιο 6: Στο έκτο κεφάλαιο συγκεντρώνονται τα βοηθητικά εργαλεία πλοήγησης που έχουν μελετηθεί από ερευνητές και υποστηρίζεται ότι βελτιώνουν την απόδοση του χρήστη. Τα βοηθητικά εργαλεία ομαδοποιούνται ανάλογα με την λειτουργία τους και τις πληροφορίες που μεταβιβάζουν.

Κεφάλαιο 7: Το κεφάλαιο εφτά επικεντρώνεται στη σπουδαιότητα της ευχρηστίας ενός συστήματος. Αναφέρονται οι μέθοδοι αξιολόγησης της ευχρηστίας για τα εικονικά περιβάλλοντα και καταγράφονται ζητήματα που έχουν προκύψει από την αξιολόγηση διεπαφών και βοηθημάτων πλοήγησης του χρήστη. Τέλος παρουσιάζονται σχεδιαστικές προδιαγραφές: για την διεπαφή του χρήστη, για τις λειτουργίες του συστήματος και για τα βοηθήματα πλοήγησης.

Κεφάλαιο 8: Στο όγδοο κεφάλαιο αναλύεται η διαδικασία της ανάπτυξης του πρωτοτύπου (εικονικός όροφος) με σκοπό την αξιολόγηση συγκεκριμένων βοηθημάτων πλοήγησης (ηλεκτρονικού χάρτη και οροσήμων) σε σχέση με ορισμένα χαρακτηριστικά του χρήστη που παρατηρείται πως επηρεάζουν την απόδοση πλοήγησης (φύλο, ηλικία, εμπειρία με Η/Υ).

Κεφάλαιο 9: Στο ένατο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα γενικά συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας.

2. Επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας (Desktop VR systems or Non-immersive or Fish tank VR systems or Monitor-based VR)

Τα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας είναι ιδιαίτερα διαδεδομένα υπό την έννοια ότι απαιτούν χαμηλό κόστος και χώρο για την εγκατάστασή τους. Ένα επιτραπέζιο σύστημα εικονικής πραγματικότητας αποτελεί την προσομοίωση ενός πραγματικού ή φανταστικού χώρου και παράγεται από ηλεκτρονικού υπολογιστή. Μέσα σε αυτόν τον εικονικό χώρο ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να πλοηγηθεί και να αλληλεπιδράσει με τα εικονικά αντικείμενα σε πραγματικό χρόνο (H. Sayers, 2004). Ο ίδιος δέχεται ανάδραση από το σύστημα σε κάθε του κίνηση κυρίως μέσω της αλλαγής του πλάνου που φαίνεται στην οθόνη του (Ruddle et al., 1999).
Η εικονική πραγματικότητα έχει εφαρμογές σε πολλούς τομείς όπως εκπαίδευση, αρχιτεκτονική περιήγηση, ψυχαγωγία κ.α. και είναι δυνατόν να χρησιμοποιείται ταυτόχρονα από πολλούς χρήστες. Στα συγκεκριμένα συστήματα η αλληλεπίδραση επιτυγχάνεται με τις βασικές συσκευές εισόδου των υπολογιστών (ποντίκι και πληκτρολόγιο), οι οποίες δεν είναι πάντα αποτελεσματικές όσον αφορά την πλοήγηση του χρήστη.

2.1 Συσκευές εισόδου

Στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας, το ποντίκι και το πληκτρολόγιο είναι οι κύριες συσκευές εισόδου ενώ η οθόνη του υπολογιστή είναι το παράθυρο της αναπαράστασης του εικονικού κόσμου (M.D.J. McNeill et al., 2002). Η πλοήγηση του χρήστη ελέγχεται κυρίως από αυτές τις συσκευές, οι οποίες σε πολλές περιπτώσεις δεν αποτελούν τα πιο αποτελεσματικά μέσα πλοήγησης για τρισδιάστατες εφαρμογές. Βέβαια ανάλογα με την εφαρμογή, οι απαιτήσεις και οι ανάγκες του χρήστη διαφέρουν. Για παράδειγμα οι

χρήστες τρισδιάστατων παιχνιδιών έχουν περισσότερες απαιτήσεις από τους χρήστες μιας εφαρμογής με οπτικό ενημερωτικό χαρακτήρα όπως μια αρχιτεκτονική περιήγηση (architectural walkthrough). Έχουν σχεδιαστεί διάφορες συσκευές για τα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας, από τις οποίες οι περισσότερες σχεδιάστηκαν για δισδιάστατες εφαρμογές όπως για σχεδίαση. Ωστόσο αυτές οι συσκευές λειτουργούν και σε τρισδιάστατες εφαρμογές όπως στη μοντελοποίηση αντικειμένων και σε τρισδιάστατα ηλεκτρονικά παιχνίδια. Οι βασικές συσκευές εισόδου για τα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας είναι οι παρακάτω (Bowman et al. 2005) :

- πληκτρολόγιο
- ποντίκι
- χειριστήριο

2.1.1 Πληκτρολόγιο (keyboard)

Το πληκτρολόγιο είναι η βασική συσκευή εισόδου δεδομένων του υπολογιστή. Περιλαμβάνει ομάδες κουμπιών όπως οι χαρακτήρες του αλφάβητου, τα σημεία στίξης, αριθμούς και σύμβολα καθώς και βοηθητικά πλήκτρα τα οποία βοηθούν στην εύκολη πλοήγηση. Για τη χαρτογράφηση (mapping) των κινήσεων του χρήστη συνήθως χρησιμοποιούνται τα τέσσερα πλήκτρα με τα βέλη ενώ σπανιότερα χρησιμοποιούνται άλλα πλήκτρα του πληκτρολόγιου. Η συγκεκριμένη συσκευή εισόδου χρησιμοποιείται κυρίως για τρισδιάστατες εφαρμογές όπως η μοντελοποίηση αντικειμένων, η κίνηση σε ηλεκτρονικά παιχνίδια και η πλοήγηση σε αρχιτεκτονικούς χώρους.

Εικόνα 1. Πληκτρολόγιο

2.1.2 Ποντίκι (2D mouse)

Το δισδιάστατο ποντίκι έχει δύο βαθμούς ελευθερίας και υποστηρίζει την κίνηση προς τα εμπρός, προς τα πίσω, δεξιά και αριστερά καθώς και τη στροφή. Οι βαθμοί ελευθερίας αναφέρονται στην ικανότητα μιας συσκευής εισόδου να μετακινείται και να περιστρέφεται γύρω από τους άξονες X, Y, Z. Η κίνηση του χρήστη (mapping) επιτυγχάνεται μέσω της μετακίνησης του ποντικιού πάνω σε μια επιφάνεια και ενεργοποιείται συνήθως με το παρατεταμένο πάτημα ενός πλήκτρου του. Η συγκεκριμένη συσκευή χρησιμοποιείται και σε πολλές τρισδιάστατες εφαρμογές ως μοναδική συσκευή αλληλεπίδρασης ή σε συνδυασμό με το πληκτρολόγιο, όταν πρόκειται για πολύπλοκες τεχνικές πλοήγησης όπως τα τρισδιάστατα ηλεκτρονικά παιχνίδια. Χρησιμοποιείται επίσης για την περιστροφή του χρήστη ή των εικονικών αντικειμένων, την μετακίνησή του καθώς και την επιλογή εντολών και εικονικών αντικειμένων. Για να αντιλαμβάνεται κάθε αλλαγή στην κίνηση καθώς και την επιλογή αντικειμένων, ο χρήστης δέχεται οπτική ανατροφοδότηση. Για τις αλλαγές στην κίνηση του χρήστη αλλάζει η οπτική γωνία που απεικονίζεται στην οθόνη ενώ για την επιλογή των αντικειμένων η οπτική ανατροφοδότηση επιτυγχάνεται με διάφορους τρόπους όπως π.χ. με την αλλαγή χρώματος του εικονικού αντικειμένου.

Εικόνα 2. Ποντίκι

2.1.3 Χειριστήριο (Joystick)

Το χειριστήριο είναι ένας συνδυασμός του ποντικιού και της γραφίδας. Περιλαμβάνει πολλά κουμπιά και διακόπτες έτσι ώστε να διευκολύνει τον έλεγχο της κίνησης και παρέχει μεγαλύτερη ακρίβεια από ότι το ποντίκι (όπως και η γραφίδα). Το πλεονέκτημα που προσφέρει το χειριστήριο είναι ότι ο δείκτης συνεχίζει να κινείται προς την κατεύθυνση που είναι ρυθμισμένο σε αντίθεση με το ποντίκι που ο δείκτης σταματάει να κινείται, όταν ακινητοποιηθεί το ποντίκι. Για να σταματήσει να κινείται ο δείκτης του χειριστηρίου πρέπει το τελευταίο να επαναφερθεί στην αρχική του κατάσταση.

Εικόνα 3. Χειριστήριο

2.2 Αλληλεπίδραση (Interaction)

Στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας η αλληλεπίδραση επιτυγχάνεται από τις παραπάνω συσκευές εισόδου. Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει την αίσθηση της όρασης και την ακοής και έχει τη δυνατότητα να επιλέξει, να χειριστεί και να τροποποιήσει τα εικονικά αντικείμενα που υπάρχουν στον εικονικό κόσμο. Οι βασικοί τρόποι (fundamental forms of interaction) αλληλεπίδρασης είναι: η κίνηση (movement), η επιλογή (selection), ο χειρισμός (manipulation) και η αλλαγή κλίμακας (scaling), (M. Mine, 1995). Κάθε τρόπος προσδιορίζεται από ορισμένες παραμέτρους. Η κίνηση προσδιορίζεται από δύο παράγοντες: την ταχύτητα (speed) και την πορεία (direction of motion). Η επιλογή ενός αντικειμένου χρειάζεται ένα μηχανισμό που προσδιορίζει το αντικείμενο που θα επιλεγεί και ένα τρόπο που επιβεβαιώνει ότι το αντικείμενο επιλέχτηκε (π.χ. με την αλλαγή χρώματος του αντικειμένου). Οι παράμετροι που προσδιορίζουν τον χειρισμό ενός αντικειμένου είναι: η τελική θέση που μετακινήθηκε το αντικείμενο, ο προσανατολισμός του και το κέντρο περιστροφής του (M. Mine, 1995). Για την αλλαγή κλίμακας χρειάζεται το κέντρο (centre of scaling) και ο παράγοντας αλλαγής της κλίμακας (scaling factor) του αντικειμένου.

Από την άλλη πλευρά υπάρχουν και συστήματα με τα οποία ο χρήστης δεν μπορεί να αλληλεπιδράσει, όπως μια αρχιτεκτονική περιήγηση όπου ακολουθείται μια συγκεκριμένη πορεία παρουσίασης ενός εσωτερικού ή εξωτερικού χώρου.

2.3 Πλεονεκτήματα & μειονεκτήματα επιτραπέζιων συστημάτων εικονικής πραγματικότητας

Η τεχνολογία της εικονικής πραγματικότητας έχει διαδοθεί ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια μέσω του διαδικτύου. Το γεγονός αυτό αποτελεί

το πιο ισχυρό πλεονέκτημα για την εφαρμογή της στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας. Από την άλλη πλευρά χαρακτηρίζεται και από ορισμένα μειονεκτήματα που οφείλονται κυρίως στο χαμηλό βαθμό εμβύθισης που προσφέρουν. Παρακάτω συνοψίζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της συγκεκριμένης κατηγορίας εικονικών περιβαλλόντων.

2.3.1 Πλεονεκτήματα

- Χαμηλό κόστος εξειδικευμένου εξοπλισμού (W. Sherman & A. Craig, 2003). Οι χρήστες δεν χρειάζεται να εφοδιαστούν με ακριβό και επαγγελματικό εξοπλισμό για να αλληλεπιδράσουν με ένα επιτραπέζιο εικονικό περιβάλλον.
- Δυνατότητα υψηλής απόδοσης των γραφικών. Το συγκεκριμένο πλεονέκτημα συνδέεται άμεσα με το προηγούμενο. Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές τελευταίας τεχνολογίας προσφέρουν υψηλή φωτορεαλιστική απεικόνιση, γεγονός το οποίο αυξάνει την αίσθηση της εικονικής πραγματικότητας.
- Γρήγορη και οικονομική προσομοίωση ενός πραγματικού περιβάλλοντος (P. Jansen - Osmann, 2002). Τα επιτραπέζια συστήματα έχουν τη δυνατότητα να μοντελοποιήσουν και να απεικονίσουν ένα περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας σε μικρό χρονικό διάστημα προσφέροντας ικανοποιητικό αποτέλεσμα. Με αυτόν τον τρόπο αυξάνονται οι χρήστες οι οποίοι έρχονται σε επαφή με τα αντίστοιχα εικονικά περιβάλλοντα.
- Δυνατότητα πανοραμικής άποψης του εικονικού χώρου (bird's eye view) – δεν παρέχεται στα περιβάλλοντα εμβύθισης (P. Jansen - Osmann, 2002). Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δει από απόσταση ολόκληρο το εικονικό περιβάλλον, να το επεξεργαστεί και αν συσχετίσει τις αποστάσεις που τον

ενδιαφέρουν έτσι ώστε να πλοηγηθεί με άνεση. Η δυνατότητα αυτή απουσιάζει από τα περιβάλλοντα εμβύθισης όπως και από τον πραγματικό κόσμο.

- Ο χρήστης δέχεται οπτική ανάδραση από το σύστημα για κάθε κίνηση που εκτελεί από την αλλαγή του πλάνου που φαίνεται στην οθόνη του υπολογιστή (Ruddle et al., 1999).

2.3.2 Μειονεκτήματα

- Η εμβύθιση του χρήστη δεν είναι ολική και κατ' επέκταση η αίσθηση της εικονικής πραγματικότητας είναι μειωμένη.
- Ο εικονικός και ο πραγματικός κόσμος συνυπάρχουν. Το συγκεκριμένο μειονέκτημα συνδέεται με το πρώτο. Ο χρήστης δέχεται ταυτόχρονα ερεθίσματα από τους δύο κόσμους, γεγονός που επηρεάζει την εμπειρία της εικονικής πραγματικότητας. Παράλληλα είναι δυνατόν να αποσπάται η προσοχή του, γεγονός το οποίο είναι πιθανό να έχει αρνητική επίδραση στην απόδοση πλοήγησης.
- Η απουσία περιφερειακής όρασης. Το συγκεκριμένο μειονέκτημα προκαλεί τα περισσότερα προβλήματα πλοήγησης του χρήστη διότι ο ίδιος αναγκάζεται να πραγματοποιήσει πολλές κινήσεις έτσι ώστε να δει γύρω του και να αντιληφθεί σωστά τον εικονικό χώρο.
- Η απουσία απτικής ανάδρασης του χρήστη (M. Mine, 1995). Ο χρήστης πέρα από την οπτική ανάδραση δεν δέχεται άλλου είδους. Συνεπώς χρησιμοποιεί μόνο την αίσθηση της όρασης για να δεχθεί ερεθίσματα από το περιβάλλον σε αντίθεση με τον πραγματικό κόσμο όπου χρησιμοποιεί όλες τις αισθήσεις π.χ. όταν σηκώνει ένα αντικείμενο αισθάνεται την δύναμη που του ασκεί το βάρος του.

2.4 Συμπεράσματα

Το πληκτρολόγιο και το ποντίκι είναι οι συσκευές εισόδου που χρησιμοποιούνται στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας. Οι συσκευές αυτές έχουν το μειονέκτημα ότι δεν έχουν σχεδιαστεί για εικονικά περιβάλλοντα με μεγάλο βαθμό εμβύθισης. Στην περίπτωση που ένας χρήστης επιτραπέζιου συστήματος εικονικής πραγματικότητας, έχει τη δυνατότητα να φορέσει στερεοσκοπικό κράνος (HMD), αδυνατεί να χρησιμοποιήσει το ποντίκι και το πληκτρολόγιο (Bowman et al. 2005). Από την άλλη πλευρά σε ένα πείραμα που πραγματοποιήθηκε (εικονικό διαστημόπλοιο) από τους H. Aoki et al. (2008), διαπιστώθηκε πως μόλις ο χρήστης εξοικειωθεί με το εικονικό περιβάλλον, η συσκευή εισόδου και εξόδου που χρησιμοποίησε για την αλληλεπίδραση με το σύστημα, δεν επηρεάζουν ιδιαίτερα την απόδοση της πλοήγησής του. Έπειτα χρειάζονται ορισμένα επιμέρους εξαρτήματα του ηλεκτρονικού υπολογιστή (στερεοσκοπικά γυαλιά, γρήγορος επεξεργαστής, κάρτα γραφικών καλής ποιότητας κ.α.) για να αποδοθεί στο χρήστη ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα της προσομοίωσης του εικονικού κόσμου. Επίσης η κίνηση του χρήστη στα εικονικά περιβάλλοντα δεν μπορεί να ελεγχθεί με ακρίβεια από το ποντίκι. Υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην κίνηση και την όραση, ανάμεσα στο πραγματικό περιβάλλον και στο εικονικό μέσω της οθόνης του υπολογιστή (desktop displays). Η φυσική κίνηση του σώματος και οι ανθρώπινες αισθήσεις, δεν είναι δυνατόν να αντικατασταθούν από το ποντίκι το πληκτρολόγιο και την οθόνη του υπολογιστή, που είναι οι βασικές συσκευές αλληλεπίδρασης του χρήστη με το σύστημα. Ο συνδυασμός ορισμένων αισθητήριων συσκευών (sensory inputs), βελτιώνουν σε ένα βαθμό την ποιότητα της εικόνας του εικονικού σκηνικού, χωρίς όμως να προσομοιώνουν απόλυτα την πραγματικότητα. Επίσης ο συνδυασμός των βασικών συσκευών εισόδου των επιτραπέζιων συστημάτων εικονικής

πραγματικότητας με επιμέρους συσκευές αλληλεπίδρασης αποτελούν μια πρόταση για τη διευκόλυνση του χρήστη και τη βελτίωση της απόδοσής του (Silva & Bowman, 2009). Ένα ακόμα μειονέκτημα που έχει η συγκεκριμένη κατηγορία εικονικών περιβαλλόντων είναι η απουσία απτικής ανάδρασης του χρήστη (haptic feedback), (M. Mine, 1995). Η ανάδραση πραγματοποιείται με άλλους τρόπους (όπως π.χ. με την αλλαγή του χρώματος του αντικειμένου που μόλις επιλέχθηκε) οι οποίοι δεν γίνονται πάντα κατανοητοί από το χρήστη.
Όσον αφορά την αλληλεπίδραση με το σύστημα, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει και να μεταχειριστεί τα εικονικά αντικείμενα (κίνηση, επιλογή, χειρισμός, αλλαγή κλίμακας). Έπειτα υπάρχουν συστήματα με τα οποία ο χρήστης δεν έχει τη δυνατότητα να αλληλεπιδράσει διότι εξυπηρετούν ένα συγκεκριμένο σκοπό όπως για παράδειγμα μια αρχιτεκτονική περιήγηση. Καλό είναι το σύστημα από την αρχή της διαδικασίας πλοήγησης, να υποδεικνύει στο χρήστη όλους τους δυνατούς τρόπους αλληλεπίδρασης που παρέχει. Παρά τις παραπάνω αδυναμίες η συγκεκριμένη κατηγορία εικονικών περιβαλλόντων, εξακολουθεί να αποτελεί το πιο οικονομικό και προσιτό μέσο για την εμπειρία της εικονικής πραγματικότητας. Τέλος πρέπει να αναφερθεί η μεγάλη απήχηση του τρισδιάστατου εικονικού κόσμου συνομιλίας 'Second Life' που έχει συγκεντρώσει 18,6 εκατομμύρια χρήστες από το 2003 που δημιουργήθηκε. Το Second Life είναι μια απομίμηση της πραγματικής ζωής όπου οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να ζήσουν σε έναν εικονικό κόσμο αναπτύσσοντας κοινωνικές σχέσεις, κερδίζοντας χρήματα, πηγαίνοντας βόλτες και ταξίδια και κάνοντας γενικότερα κάθε είδους δραστηριότητα όπως και στην πραγματικότητα. Στο συγκεκριμένο παιχνίδι του διαδικτύου δεν υπάρχουν νικητές και χαμένοι ή βαθμοί και επίπεδα. Σκοπός του είναι να καλύψει την ανάγκη των χρηστών του διαδικτύου για επικοινωνία και διαπροσωπικές σχέσεις σε ένα εικονικό περιβάλλον όπου όλοι έχουν τη δυνατότητα να ξεκινήσουν μια ζωή όπως θα ήθελαν.

3. Πλοήγηση

Η πλοήγηση είναι η πιο κοινή ενέργεια που συμβαίνει στα εικονικά περιβάλλοντα με την οποία ο χρήστης κινείται στον εικονικό κόσμο και αλληλεπιδρά με το σύστημα (Ruddle & Lessels, 2009). Η ερμηνεία του όρου στον πραγματικό κόσμο αφορά την κυβέρνηση πλοίου ή αεροσκάφους (R. G. Colledge., 1999). Στα εικονικά περιβάλλοντα περιγράφει την διαδικασία της κίνησης, συνήθως με τη χρήση βοηθητικών εργαλείων που του παρέχει το εικονικό περιβάλλον, έτσι ώστε να επιτευχθούν οι διεργασίες πλοήγησης χωρίς να χαθεί ο χρήστης (Darken & Sibert, 1993).

Κατά την διάρκεια της πλοήγησης ο χρήστης χρησιμοποιεί την αίσθηση της όρασης και της ακοής για να αντιληφθεί τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος και χρειάζεται να έχει τη δυνατότητα του ελέγχου της κίνησης, του προσανατολισμού και της ταχύτητας για να φτάσει σε επιθυμητούς προορισμούς (Chen & Stanney, 1999).

Ως απόδοση πλοήγησης (Navigation performance) ορίζεται η μέτρηση που καθορίζει την αποτελεσματικότητα συγκεκριμένων βοηθημάτων και τεχνικών πλοήγησης (Darken & Peterson, 2001).

Τα εικονικά περιβάλλοντα χρειάζονται ένα μηχανισμό που να μεταφέρει το χρήστη από ένα σημείο σε κάποιο άλλο. Η μεταφορά αυτή ονομάζεται 'μετακίνηση' (locomotion) και αποτελεί τον πιο κοινό τύπο αλληλεπίδρασης στα εικονικά περιβάλλοντα (Arns & Cruz-Neira, 2004).

3.1 Προσδιορισμοί ορολογίας

Παρακάτω προσδιορίζονται και αναλύονται οι όροι που σχετίζονται με την έννοια της πλοήγησης καθώς και οι τεχνικές πλοήγησης που χρησιμοποιούνται στα εικονικά περιβάλλοντα.

3.1.1 Μετακίνηση (Locomotion or motion)

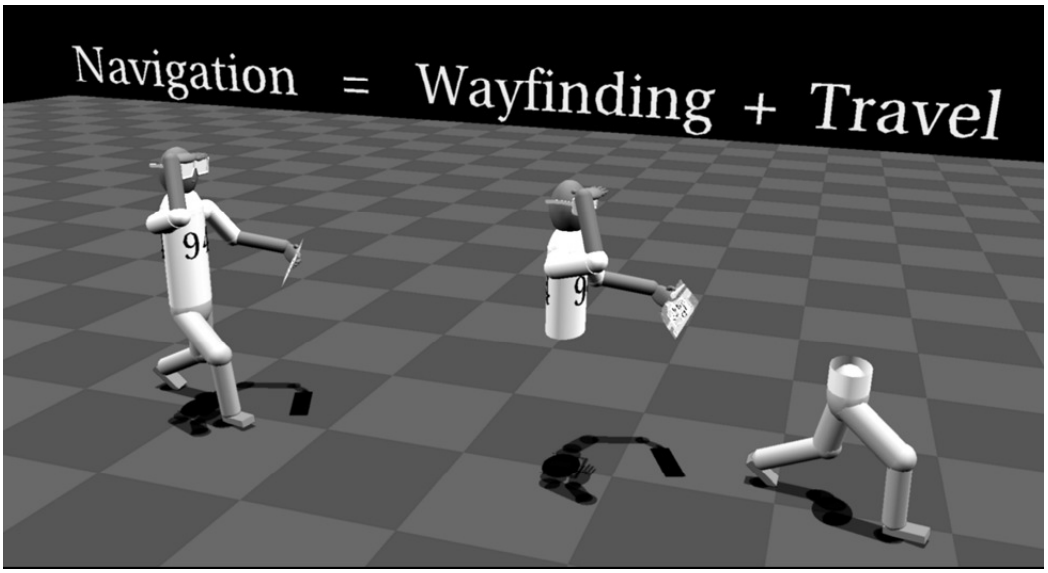
Ως μετακίνηση του χρήστη σε ένα εικονικό περιβάλλον ονομάζεται η μεταφορά του από ένα σημείο σε κάποιο άλλο, ανάλογα με τις μεθόδους κίνησης που δίδει το σύστημα π.χ. περπάτημα, πέταγμα κτλ. Η διαδικασία της μετακίνησης του χρήστη στο εικονικό περιβάλλον ορίζεται και ως κίνηση (motion), (Smith & Hart, 2006).
Η εικονική μετακίνηση (virtual locomotion) είναι μια τεχνική ελέγχου, η οποία επιτρέπει στο χρήστη να πραγματοποιήσει μεγάλες αποστάσεις μέσα σε ένα εικονικό περιβάλλον ενώ παράλληλα βρίσκεται μέσα σε συγκεκριμένα όρια ενός φυσικού χώρου (Templeman et al., 1999). Ουσιαστικά αποτελεί μια χειρονομία (gesture) με την οποία φαίνεται η πρόθεση του χρήστη για μετακίνηση μέσω ορισμένων μηχανισμών που τοποθετούνται στα πόδια του και επικοινωνούν με τον υπολογιστή. Η συγκεκριμένη τεχνική αλληλεπίδρασης στοχεύει να κάνει την κίνηση του χρήστη να είναι όσο το δυνατόν πιο φυσική όπως είναι στην πραγματικότητα. Η εικονική μετακίνηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για:

- Εξάσκηση όσον αφορά εκτελεστικές επιδεξιότητες, στρατηγικές και πλοήγηση που περιλαμβάνει πεζή (on foot) κίνηση σε ένα περιβάλλον.
- Προγραμματισμένες δραστηριότητες σε περιβάλλοντα με στόχους.
- Αξιολόγηση εργονομίας σχεδιαστικών κατασκευών που προορίζονται για κατοικίες ή γενικότερα για κατασκευές που χρησιμοποιούνται από ανθρώπους.
- Επικοινωνία μεταξύ των ανθρώπων όταν η ίδια εξαρτάται από την μετακίνηση (locomotion) τους.
- Ψυχαγωγικές δραστηριότητες μέσα σε ένα εικονικό περιβάλλον (Templeman et al., 1999).

Ο όρος ‘μετακίνηση’ (locomotion) σε ένα εικονικό περιβάλλον αποτελείται από πέντε συνιστώσες: την περιστροφή (rotation), το μετασχηματισμό συντεταγμένων (translation), τη συσκευή απεικόνισης (display device), τη συσκευή αλληλεπίδρασης (interaction device), την αποστολή πλοήγησης (task), (Arns & Cruz-Neira, 2004). Η εικονική περιστροφή συμβαίνει όταν ο χρήστης υποδηλώνει στο σύστημα την κατεύθυνση προς την οποία θέλει να κινηθεί. Ο όρος ‘εικονική περιστροφή’ (virtual rotation) εμφανίζεται και ως ‘χειροκίνητη περιστροφή’ (manual rotation) διότι δεν εκδηλώνεται με τη φυσική κίνηση του σώματος αλλά με τη χρήση μιας συσκευής εισόδου (Bowman et al., 2002). Η περιστροφή συνδέεται με το μετασχηματισμό συντεταγμένων διότι η κάθε μετακίνηση αντιστοιχεί σε συγκεκριμένες συντεταγμένες. Οι συσκευές απεικόνισης των εικονικών περιβαλλόντων είναι διάφορων τύπων και επηρεάζουν τον τύπο της μετακίνησης του χρήστη. Στην κατηγορία των επιτραπέζιων εικονικών περιβαλλόντων η συσκευή απεικόνισης της μετακίνησης είναι η οθόνη του υπολογιστή και οι συσκευές αλληλεπίδρασης είναι το ποντίκι, το πληκτρολόγιο και το χειριστήριο. Τέλος η αποστολή πλοήγησης αναφέρεται στον σκοπό ή στόχο που έχει η μετακίνηση του χρήστη.

3.1.2 Κίνηση (Travel)

Η έννοια της πλοήγησης αποτελείται από δύο κομμάτια: από το μηχανικό κομμάτι (travel) σύμφωνα με το οποίο ο χρήστης μετακινείται μέσα στο χώρο και από το γνωστικό κομμάτι που ονομάζεται εύρεση μονοπατιού (wayfinding) και με βάση αυτό επιλέγει την διαδρομή του στον εικονικό χώρο (Sherman & Craig, 2003). Σε ένα εικονικό περιβάλλον υπάρχουν άπειροι τρόποι πλοήγησης. Ο κάθε ένας εξυπηρετεί ένα σκοπό ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής.



Εικόνα 4. Η έννοια της πλοήγησης (Sherman & Craig, 2003).

3.1.2.1 Μεταφορές πλοήγησης

Σύμφωνα με τους Sherman & Craig (2003), το μηχανικό κομμάτι *travel* της πλοήγησης περιλαμβάνει δέκα μεθόδους, με τους οποίους ο χρήστης μπορεί να μετακινηθεί μέσα στο εικονικό περιβάλλον. Αυτοί είναι οι παρακάτω:

1. Φυσική μετακίνηση (*physical locomotion*): είναι η πιο απλή μέθοδος μετακίνησης σε ένα εικονικό περιβάλλον συχνά συνδυασμένη και με άλλες μεθόδους. Επιτρέπει στο χρήστη να κινεί το σώμα του και να αλλάζει την οπτική του γωνία.
2. Προκαθορισμένη κίνηση (*Ride-along*): περιγράφει μια μέθοδο που δίδει στο χρήστη λίγο ή καθόλου ελευθερία. Ο χρήστης ακολουθεί ένα προκαθορισμένο μονοπάτι του εικονικού περιβάλλοντος, που πιθανών να περιλαμβάνει ορισμένα σημεία (choice-points) στα οποία ο ίδιος αποφασίζει την πορεία του.
3. Προκαθορισμένη κίνηση με δυνατότητα περιορισμένης απομάκρυνσης (*Tow-rope*): Η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελεί μια προέκταση της προηγούμενης. Ο χρήστης ακολουθεί μια προκαθορισμένη πορεία αλλά σε αυτήν την περίπτωση έχει τη δυνατότητα να απομακρυνθεί από αυτήν σε μικρή απόσταση.

4. Πέταγμα δια μέσου (*Fly-through*): Είναι ένας γενικός όρος για τις μεθόδους μετακίνησης που δίδουν πλήρη ελευθερία στο χρήστη σε οποιαδήποτε κατεύθυνση.
5. Περιδιάβαση (*Walk-through*): Με αυτή τη μέθοδο η κίνηση του χρήστη περιορίζεται πάνω στο ύψος του εδάφους, όπως συμβαίνει και στην πραγματικότητα.
6. Πιλοτάρισμα (*Pilot-through*): Περιγράφει μια μέθοδο μετακίνησης με την οποία ο χρήστης ελέγχει την κίνησή του χρησιμοποιώντας χειριστήρια παρόμοια με ενός οχήματος.
7. Μετακίνηση του κόσμου (*Move the world*): Η συγκεκριμένη μέθοδος αντιτίθεται στους νόμους της φύσης του πραγματικού κόσμου. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να 'αρπάξει' τον εικονικό κόσμο και να τον φέρει πιο κοντά του ή να τον μετακινήσει στην θέση που επιθυμεί.
8. Αλλαγή κλίμακας του κόσμου (*Scale the world*): Ο χρήστης έχει την επιλογή να μεγαλώσει ή να μικρύνει τον εικονικό κόσμο. Η μέθοδος αυτή διευκολύνει το χρήστη σε εικονικά περιβάλλοντα μεγάλης κλίμακας στα οποία μπορεί να διανύσει μεγάλες αποστάσεις σε μικρό χρονικό διάστημα, μικραίνοντας τον κόσμο.
9. Τοποθέτηση σε συγκεκριμένο σημείο (*Put me here*): Είναι μια μέθοδος η οποία τοποθετεί το χρήστη σε μια συγκεκριμένη θέση που εκείνος ορίζει. Η μέθοδος συμβαδίζει με τον πραγματικό κόσμο υπό την έννοια ότι όταν ο χρήστης επιθυμεί να βρεθεί σε μια θέση, κατευθύνει τον εαυτό του σε αυτή. Από την άλλη πλευρά ο χρήστης μπορεί να επιλέξει από το μενού της διεπαφής, να βρεθεί αυτόματα σε μια περιοχή του εικονικού περιβάλλοντος χωρίς όμως να γνωρίζει την διαδρομή που ακολούθησε. Η ενέργεια αυτή δεν συμφωνεί με την πραγματικότητα.
10. Περιφερειακό οπτικό πεδίο (*Orbital-viewing*): η μέθοδος επιτρέπει στο χρήστη να βλέπει τα στοιχεία του εικονικού

κόσμου ανάλογα με τη οπτική γωνία που έχει κάθε φορά. Όταν ο χρήστης κοιτά προς τα αριστερά, τα αντικείμενα γυρίζουν επίσης προς τα αριστερά επιτρέποντας στο χρήστη να δει τη σωστή τους πλευρά.

3.1.3 Εύρεση μονοπατιού (Wayfinding)

Ο όρος 'εύρεση μονοπατιού' αφορά την διαδικασία της επιλογής και της ακολουθίας μιας διαδρομής ή ενός μονοπατιού ανάμεσα σε ένα σημείο εκκίνησης και ένα προορισμό (R. G. Colledge., 1999). Αναφέρεται στην ικανότητα του χρήστη να εντοπίζει τη σωστή διαδρομή για ένα συγκεκριμένο προορισμό και να αναγνωρίζει τον στόχο του όταν τον προσεγγίζει (C.-H. Chen et al., 2009). Η εύρεση μονοπατιού δεν είναι μια απλή διαδικασία και ο χρήστης περνάει ορισμένα διαδοχικά στάδια μέχρι να καταφέρει να εντοπίζει τη διαδρομή του. Αρχικά χρειάζεται η ικανότητα του προσανατολισμού στο χώρο και στη συνέχεια η αναγνώριση περιοχών και διαδρομών. Έπειτα ο χρήστης πρέπει να είναι σε θέση να συσχετίζει διαδρομές για προορισμούς και να αναπτύξει ένα γνωστικό χάρτη του εικονικού περιβάλλοντος. Οι Downs & Stea (1973) χωρίζουν την διαδικασία της εύρεσης μονοπατιού σε τέσσερα στάδια:

1) Προσανατολισμός (Orientation)

Ο προσανατολισμός αναφέρεται στην αίσθηση της σωστής πορείας και της χωρικής αντίληψης που έχει διαμορφώσει ο χρήστης για το εικονικό περιβάλλον. Η πλοήγηση συνδέεται με την ικανότητα προσανατολισμού, η οποία διαφέρει από χρήστη σε χρήστη. Μια πιθανή εξήγηση για αυτή τη διαφορά είναι πως οι χρήστες προσηλώνονται σε διαφορετικές πληροφορίες του εικονικού περιβάλλοντος, θέτουν διαφορετικούς στόχους και προσωπικά κίνητρα. Έπειτα η ανθρώπινη μνήμη και οι πληροφορίες που έχει τη δυνατότητα να συγκρατήσει, είναι στοιχεία που επίσης διαφέρουν από χρήστη σε χρήστη και επηρεάζουν την ικανότητα του

προσανατολισμού. Μόλις ο χρήστης καταφέρει να προσανατολιστεί στο χώρο, έχει τη δυνατότητα να εντοπίζει πολλαπλές διαδρομές για να επιτύχει την αποστολή της πλοήγησής του.

2) Απόφαση διαδρομής (Route decision)

Η επιλογή μιας διαδρομής του εικονικού περιβάλλοντος που οδηγεί το χρήστη σε ένα προορισμό. Το συγκεκριμένο στάδιο εξακριβώνει αν ο χρήστης έχει προσανατολιστεί σωστά, όταν κινείται προς την επιθυμητή κατεύθυνση.

3) Έλεγχος διαδρομής (Route monitoring)

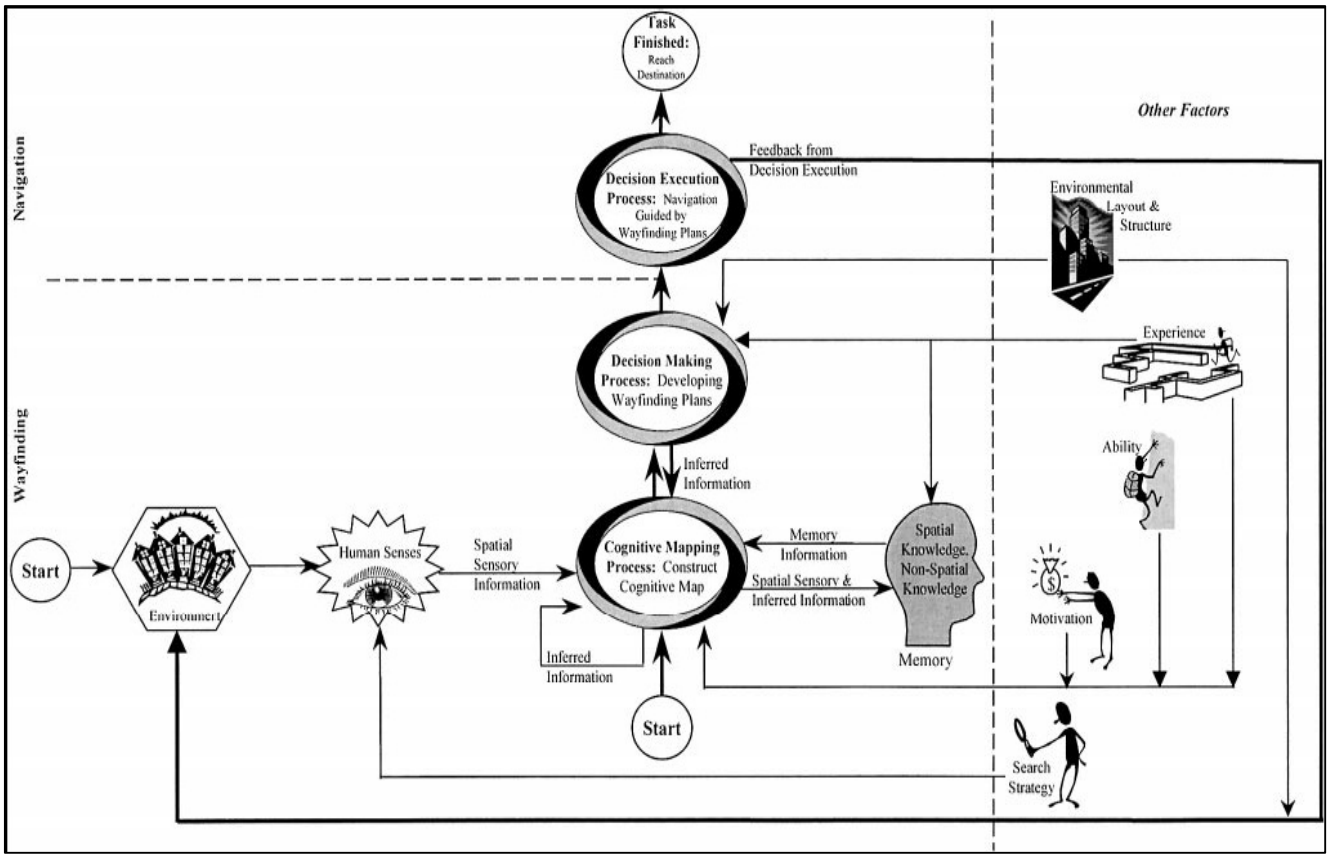
Η επιβεβαίωση πως η διαδρομή που επιλέχθηκε ήταν σωστή. Ο χρήστης ελέγχει άμεσα την ορθότητα της διαδρομής από την αναγνώριση του προορισμού που καταλήγει.

4) Αναγνώριση προορισμού (Destination recognition)

Ο χρήστης όταν φτάνει σε ένα επιθυμητό προορισμό, τον αναγνωρίζει λίγο πριν βρεθεί εκεί. Σε αυτό το σημείο έχει επιτευχτεί η διαδικασία της εύρεσης μονοπατιού μιας επιθυμητής διαδρομής.

Για την ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας χρειάζεται ο χρήστης να έχει προσανατολιστεί στον εικονικό χώρο και παράλληλα να έχει αποκτήσει χωρική γνώση του περιβάλλοντος έτσι ώστε να αναπτύξει ένα γνωστικό χάρτη (cognitive map), (Sadeghian et al, 2006; A. Sebok et al., 2004).

Ο γνωστικός χάρτης αποτελεί μια νοητική αναπαράσταση του εικονικού περιβάλλοντος στο μυαλό του χρήστη και υποδηλώνει την ανθρώπινη ικανότητα της αναγνώρισης, της απομνημόνευσης και της αντίληψης του χώρου. Επίσης η εύρεση μονοπατιού χωρίζεται σε ορισμένες κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο που ο χρήστης εξερευνά και αντιλαμβάνεται το χώρο. Το μοντέλο που προτείνουν οι Chen & Stanney (1999) χωρίζει την διαδικασία εύρεσης μονοπατιού σε τρεις υποκατηγορίες: στη γνωστική χαρτογράφηση (cognitive mapping), στην ανάπτυξη πλάνου εύρεσης μονοπατιού (wayfinding plan development) και τη φυσική κίνηση ή πλοήγηση (physical movement or navigation) μέσα σε ένα περιβάλλον.



Εικόνα 5. Θεωρητικό μοντέλο εύρεσης μονοπατιού (Chen & Stanney, 1999).

Η γνωστική χαρτογράφηση (cognitive mapping), είναι η διαδικασία με την οποία ο χρήστης διαμορφώνει, απομνημονεύει και

αντιλαμβάνεται τον εικονικό χώρο. Η ανάπτυξη πλάνου εύρεσης μονοπατιού είναι η διαδικασία που ο χρήστης αναπτύσσει ένα νοητικό χάρτη του περιβάλλοντος. Τέλος η φυσική κίνηση ή πλοήγηση περιγράφει την διαδικασία της εύρεσης μονοπατιού μέσω της αναζήτησης και της εξερεύνησης του εικονικού περιβάλλοντος, η οποία τερματίζει όταν ο χρήστης εντοπίσει τον προορισμό του.

3.2 Διεργασίες κίνησης (Travel tasks)

Η κίνηση του χρήστη στο εικονικό περιβάλλον υποδιαιρείται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα το στόχο της μετακίνησης (Bowman et al., 2005; Kulik, 2009; Darken & Silbert, 1996; Darken, 1995):

- την εξερεύνηση (exploration)

σε αυτήν την κατηγορία ο χρήστης ουσιαστικά μετακινείται μέσα στο εικονικό περιβάλλον, παρατηρώντας το χώρο χωρίς να αναζητεί ένα συγκεκριμένο στόχο. Η εξερεύνηση ενός περιβάλλοντος είναι μια διαδικασία που απαιτεί αρκετό χρόνο.

- την αναζήτηση (naïve search/primed search)

στο κομμάτι της αναζήτησης ο χρήστης προσπαθεί να φτάσει σε ένα συγκεκριμένο προορισμό ή στόχο, γνωρίζοντας ήδη την διαδρομή που χρειάζεται να ακολουθήσει ή ανακαλύπτοντάς την εκείνη τη στιγμή. Η αναζήτηση ενός στόχου είναι μια διαδικασία λιγότερο χρονοβόρα σε σχέση με την εξερεύνηση.

- τον ελιγμό (maneuvering)

ο ελιγμός αναφέρεται σε σύντομες και ακριβείς κινήσεις ή σε στροφές που χρειάζεται να πραγματοποιήσει ο χρήστης για να φτάσει σε συγκεκριμένη θέση μέσα στον εικονικό κόσμο.

3.3 Χωρική γνώση (Spatial Knowledge)

Η χωρική γνώση αναπτύσσεται στο μυαλό του χρήστη μέσα από πληροφορίες που συγκρατεί για ένα χώρο και στη συνέχεια

αποθηκεύεται στη μνήμη του. Μέσα από πολλές έρευνες είναι πλέον αποδεκτό πως η απόκτηση της γνώσης του χώρου χωρίζεται σε τρία αλληλένδετα επίπεδα, με τα οποία ο χρήστης πρόκειται να αναπτύξει ένα γνωστικό χάρτη (cognitive map): α) τη γνώση οροσήμων, β) τη γνώση διαδρομής και γ) την τοπογραφική γνώση (Parush & Berman, 2004; Ruddle et al., 1997).

Η διαμόρφωση της χωρικής γνώσης δεν συνδέεται απαραίτητα με οπτικές πληροφορίες και ερεθίσματα που δέχεται ο χρήστης. Στον πραγματικό κόσμο οι τυφλοί άνθρωποι αποδεικνύουν ότι μπορούν να αντιλαμβάνονται το χώρο που τους περιβάλλει και να αναπτύσσουν γνωστικούς χάρτες παρόλο που δεν βλέπουν τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος (Ruddle et al., 1997).

3.3.1 Γνώση οροσήμων (Landmark knowledge)

Η γνώση οροσήμων είναι βασισμένη στα αντικείμενα του εικονικού περιβάλλοντος τα οποία λειτουργούν ως σημεία αναφοράς για το χρήστη. Οι πληροφορίες που δέχεται ο ίδιος όταν βλέπει μια σειρά από φωτογραφίες, έχουν παρόμοια συνεισφορά με εκείνη της γνώσης των οροσήμων (Darken & Peterson, 2001). Σχετίζεται με την ανθρώπινη μνήμη και με τον τρόπο που αποτυπώνονται σε αυτή τα οπτικά χαρακτηριστικά που αντιλαμβάνεται ο χρήστης.

Κάθε ορόσημο μπορεί να αποτυπωθεί στη μνήμη, να αναγνωριστεί σαν ένα μοναδικό στοιχείο ή να ομαδοποιηθεί με άλλα επιμέρους στοιχεία του εικονικού περιβάλλοντος που παραπέμπουν σε μια διαδρομή (A. Bosco et al., 2004). Επίσης δίδουν πληροφορίες σχετικά με οπτικές λεπτομέρειες συγκεκριμένων περιοχών του εικονικού περιβάλλοντος (Chen & Stanney, 1999). Ο χρήστης ουσιαστικά αναγνωρίζει τα ορόσημα και τη θέση που έχουν στο εικονικό περιβάλλον και συσχετίζοντάς τα καταφέρνει να προσανατολιστεί.

3.3.2 Γνώση διαδρομής (Route or Procedural knowledge)

Η γνώση διαδρομής αφορά την αλληλουχία οδηγιών σχετικά με προορισμούς ενός εικονικού περιβάλλοντος. Αναπτύσσεται νοητικά από τον ίδιο το χρήστη και είναι εγωκεντρικής φύσεως (egocentric perspective) (A. Bosco et al., 2004, Chittaro & Scagnetto, 2001). Ο όρος 'εγωκεντρικής φύσεως' αναφέρεται στην ικανότητα του χρήστη να συσχετίζει τις διαδρομές έτσι όπως ακριβώς βλέπει με τα μάτια του το εικονικό περιβάλλον (χωρίς δηλαδή να βλέπει μέσω της ματιάς ενός avatar). Αποκτάται από την προσωπική εξερεύνηση που πραγματοποιεί ο χρήστης σε μια περιοχή και περιγράφει διάφορες διαδρομές μεταξύ των τοποθεσιών του εικονικού περιβάλλοντος (Chittaro & Venkataraman, 2006). Βασικό χαρακτηριστικό της είναι ότι ο χρήστης μπορεί να μετακινηθεί επιτυχώς από ένα ορόσημο προς ένα άλλο, ακολουθώντας μια συγκεκριμένη διαδρομή την οποία κατανοεί. Ο συσχετισμός σημείων αναφοράς και οροσήμων καθώς και η απομνημόνευση περιοχών του εικονικού περιβάλλοντος, έχει ως αποτέλεσμα την εύρεση πιθανών διαδρομών για επιθυμητούς προορισμούς (Elvins et al., 2001). Από την άλλη πλευρά τον αποτρέπει από τη διερεύνηση νέων εναλλακτικών διαδρομών (π.χ. να κόβει δρόμο) διότι αδυνατεί να τις αναγνωρίσει (Dijk et al., 2003). Ο χρήστης κάθε φορά που μαθαίνει μια διαδρομή επανα-προσανατολίζεται στο χώρο σύμφωνα με τα νέα δεδομένα που έχει αποκτήσει (A. Bosco et al., 2004).

3.3.3 Τοπογραφική γνώση (Survey or configurational knowledge)

Η τοπογραφική γνώση αποκτάται κυρίως μέσω της μελέτης του χάρτη μιας περιοχής ή μετά από πολλαπλές εξερευνήσεις ενός εικονικού περιβάλλοντος (Chittaro & Venkataraman, 2006). Επίσης αποκτάται μέσω της εμπειρίας πλοήγησης ενώ συνδέεται με την

γνώση διαδρομής (route knowledge). Είναι ανάλογη με ένα χάρτη του εικονικού περιβάλλοντος και αναπαριστά την σύνθεση περιοχών και τμημάτων του εικονικού περιβάλλοντος (Chen & Stanney, 1999). Ουσιαστικά προβάλλει νοητικά μια πανοραμική άποψη (bird's-eye-view) του εικονικού περιβάλλοντος και περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με περιοχές, κατευθύνσεις και το μέγεθος των αντικειμένων του εικονικού χώρου (Elvins et al., 2001).

Χαρακτηρίζεται από την ιδιότητα της ανάπτυξης της εξωτερικής προοπτικής (exocentric perspective) μιας περιοχής (Chittaro & Scagnetto, 2001). Ο όρος 'εξωτερική προοπτική' αναφέρεται στην ικανότητα που έχει ο χρήστης να φαντάζεται μια πανοραμική άποψη (bird's-eye-view) του εικονικού περιβάλλοντος. Η τοπογραφική γνώση αποτελεί ένα νοητικό χάρτη (γνωστικός χάρτης) του εικονικού περιβάλλοντος στο μυαλό του χρήστη και αποκτάται από την μελέτη του συγκεκριμένου χώρου (Dijk et al., 2003; A. Bosco et al., 2004). Περιγράφει τις συνδέσεις μεταξύ των τοποθεσιών του εικονικού περιβάλλοντος και επιτρέπει στο χρήστη να αναγνωρίζει εναλλακτικές διαδρομές μεταξύ τους.

Έπειτα του επιτρέπει να υιοθετήσει την πιο βολική και ευνοϊκή διαδρομή μέσα στο εικονικό περιβάλλον προκειμένου να φτάσει στο στόχο του (N. Vinson, 1999). Σε σχέση με την γνώση διαδρομής, η τοπογραφική γνώση κωδικοποιεί νοητικά με μεγαλύτερη ακρίβεια τις ιδιότητες του εικονικού χώρου και των αντικειμένων του.

Ένα καθημερινό παράδειγμα της τοπογραφικής γνώσης είναι σε περιπτώσεις μετακίνησης σε διαδρομές με κυκλοφοριακή συμφόρηση. Κάποιος που έχει αποκτήσει τοπογραφική γνώση θα δοκιμάσει μια διαφορετική διαδρομή και θα βρεθεί με επιτυχία στον επιθυμητό προορισμό, ακόμα και αν δεν έχει πραγματοποιήσει ποτέ πριν την εναλλακτική διαδρομή που δοκίμασε.

3.3.4 Ανάπτυξη γνωστικού χάρτη (Cognitive map or Mental map)

Στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας, η πλοήγηση είναι μια σύνθετη διαδικασία καθώς εμπλέκονται διάφοροι παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν την απόδοση του χρήστη. Χρειάζεται χρόνος για την εξοικείωση του χρήστη με οποιοδήποτε νέο και άγνωστο περιβάλλον. Στην συγκεκριμένη κατηγορία ο χρήστης συνήθως έχει την δυνατότητα να δει μια πανοραμική άποψη (bird's –eye - view) του χώρου στον οποίο περιηγείται (A. Sebok et al., 2004). Το γεγονός αυτό τον βοηθά να αναπτύξει την αντίληψή του για τον εικονικό χώρο (configuration knowledge).

Ο γνωστικός χάρτης αποτελεί μια αναπαράσταση ('picture in the head' όπως αποκαλείται) του εικονικού περιβάλλοντος στη μνήμη του χρήστη. Ορίζεται ως μια ομάδα οροσήμων του εικονικού περιβάλλοντος και οι μεταξύ τους χωρικές σχέσεις (Elmqvist et al., 2008). Ο γνωστικός χάρτης έχει τεράστια επίδραση στον προσανατολισμό και την εύρεση μονοπατιού του χρήστη (Parush & Berman, 2004). Θεωρείται η ταξινόμηση της χωρικής γνώσης (spatial knowledge) του εικονικού περιβάλλοντος που αποτυπώνεται στο μυαλό του χρήστη (Darken & Peterson, 2001).

Για την δημιουργία ενός γνωστικού χάρτη ο χρήστης πρέπει να καταφέρει να προσανατολίζεται στο χώρο, να ορίζει ορόσημα και να αναπτύξει γνώση οροσήμων, γνώση διαδρομής και τοπογραφική γνώση (Dijk et al., 2003).

Αρχικά ο προσανατολισμός στον εικονικό χώρο πραγματοποιείται σύμφωνα με ορόσημα (landmark knowledge) όπως κτίρια, πλατείες, σύμβολα κτλ. Η αναγνώριση και η συσχέτιση των οροσήμων καθορίζουν μια ή παραπάνω διαδρομές στο χώρο, με τη σύνδεση μονοπατιών μεταξύ των περιοχών του εικονικού κόσμου (route or procedural knowledge). Αυτή η ενέργεια επιτρέπει στον χρήστη να ακολουθήσει συγκεκριμένες γνώριμες διαδρομές, όμως δεν του

επιτρέπει να βρεθεί σε εναλλακτικούς προορισμούς. Στη συνέχεια έχοντας καταφέρει να συσχετίσει τις θέσεις των εικονικών αντικειμένων στο χώρο, είναι σε θέση να αναγνωρίσει διάφορες διαδρομές που ανήκουν στο εικονικό περιβάλλον (survey knowledge). Το γεγονός αυτό παρέχει στο χρήστη την δυνατότητα να ακολουθήσει εναλλακτικές διαδρομές για διάφορους προορισμούς (Elvins et al., 2001). Οι τρεις παραπάνω συνιστώσες, αναπτύσσονται διαδοχικά από το χρήστη και σε συνδυασμό μεταξύ τους δημιουργούν ένα γνωστικό χάρτη (cognitive map), ο οποίος τον βοηθά να πλοηγηθεί στο χώρο (Chen & Stanney, 1999).

Μόλις ο χρήστης αναπτύξει ένα γνωστικό χάρτη με πολλές χρήσιμες πληροφορίες έχει τη δυνατότητα να περιηγηθεί αποτελεσματικά μέσα στο εικονικό περιβάλλον (Darken and Peterson, 2002, Elvins et al., 2001).

Οι γνωστικοί χάρτες που αναπτύσσουν οι άνθρωποι γενικά περιλαμβάνουν στοιχεία πέντε τύπων: μονοπάτια (paths), ακμές (edges), περιοχές (districts), κόμβους (nodes), ορόσημα (landmarks), (N. Vinson, 1999). Βέβαια οι χρήστες συμπεριλαμβάνουν όλα τα παραπάνω στοιχεία στην κατηγορία των οροσήμων, υπό την έννοια ότι αποτελούν σημάδια τα οποία οι ίδιοι έχουν ορίσει. Παρόλα αυτά καλό είναι οι σχεδιαστές να συμπεριλαμβάνουν και τα πέντε στοιχεία στα εικονικά περιβάλλοντα, διότι το καθένα εξυπηρετεί μια συγκεκριμένη λειτουργία.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι λειτουργίες των πέντε στοιχείων των γνωστικών χαρτών που αναπτύσσουν οι άνθρωποι.

Στοιχείο	**Παράδειγμα**	**Λειτουργία**
Μονοπάτι	Δρόμος, κανάλι	Πέρασμα για την κίνηση του χρήστη
Ακμή	Φράχτης, ποτάμι	Επισήμανση ορίων μιας περιοχής
Περιοχή	Γειτονιά	Σημείο αναφοράς
Κόμβος	Κεντρική πλατεία	Επίκεντρο ενδιαφέροντος ταξιδιώτη
Ορόσημα	Άγαλμα,	Οπτικό σημείο αναφοράς (ο χρήστης δεν το

	σιντριβάνι	εξερευνεί)

Πίνακας 2. Ορόσημα/Τύποι στοιχείων γνωστικού χάρτη & λειτουργίες (N. Vinson, 1999).

Τα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη ενός γνωστικού χάρτη σε μεγάλο βαθμό σε σχέση με το πραγματικό περιβάλλον (J. Zacharias, 2006). Η δυσκολία της ανάπτυξης οφείλεται στην απουσία της περιφερειακής όρασης του χρήστη και κατ' επέκταση στο περιορισμένο του οπτικό πεδίο (S. Burigat, L. Chittaro, 2007; Waller et al., 1998). Το γεγονός αυτό αποτελεί εμπόδιο στην σωστή αντίληψη του χώρου.
Επίσης οφείλεται στα ερεθίσματα που δέχεται ταυτόχρονα από τον εικονικό και τον πραγματικό κόσμο που συνυπάρχουν (P. Jansen - Osmann, 2002), με αποτέλεσμα συχνά να αποσπάται η προσοχή του και να αποκλίνει από τον σκοπό της πλοήγησής του.
Ο ίδιος ακολουθεί διάφορες στρατηγικές για να συγκρατεί στη μνήμη του τη δομή του εικονικού περιβάλλοντος. Οι στρατηγικές αυτές εξαρτώνται από τα προσωπικά χαρακτηριστικά του και από τα χαρακτηριστικά του εικονικού κόσμου, τα οποία αναλύονται στο επόμενο κεφάλαιο.

3.4 Διαφορές πλοήγησης μεταξύ εικονικού και πραγματικού κόσμου

Η πλοήγηση έχει την ίδια σημασία για τον 'ταξιδιώτη' στον πραγματικό και τον εικονικό κόσμο. Αναφέρεται στη μετακίνηση του χρήστη από ένα σημείο προς ένα επιθυμητό προορισμό, αποφεύγοντας τον αποπροσανατολισμό και την επιλογή λανθασμένων διαδρομών. Οι άνθρωποι παρουσιάζουν την ίδια συμπεριφορά και στους δύο κόσμους παρόλο που τα δεδομένα είναι διαφορετικά στον καθένα. Στον πραγματικό κόσμο η πλοήγηση είναι μια σχετικά εύκολη διαδικασία διότι ο χρήστης έχει περιφερειακή

όραση και αντιλαμβάνεται το χώρο γύρω του ενώ η κίνηση του ελέγχεται μέσω των ματιών, του κεφαλιού και του σώματος (Ruddle et al., 1997). Σε εικονικούς κόσμους παραγόμενους από υπολογιστή, η κίνηση του χρήστη ελέγχεται από το ποντίκι και το πληκτρολόγιο και οι οπτικές πληροφορίες αφομοιώνονται από ένα περιορισμένο οπτικό πεδίο. Αυτές οι διαφορές σημαίνουν πως η χωρική γνώση διαμορφώνεται με διαφορετικό τρόπο σε κάθε κόσμο (Ruddle et al., 1997). Παρακάτω περιγράφεται η συμπεριφορά του χρήστη, ο έλεγχος της κίνησης και το οπτικό πεδίο στα δύο περιβάλλοντα.

3.4.1 Η πλοήγηση στον πραγματικό κόσμο

Η πλοήγηση στον πραγματικό κόσμο χαρακτηρίζεται από τη φυσικότητα της κίνησης του χρήστη, την ποικιλία πληροφοριών και ερεθισμάτων που ο ίδιος δέχεται, την περιφερειακή όραση και τη χρήση όλων των ανθρώπινων αισθήσεων (π.χ. αν ο χρήστης στην πραγματικότητα πέσει στο δρόμο θα νιώσει πόνο, ενώ στο εικονικό περιβάλλον δεν θα νιώσει τίποτα). Παρακάτω καταγράφονται οι διαφορές της πλοήγησης στους δύο κόσμους οι οποίες ταξινομούνται ως προς τη συμπεριφορά του χρήστη, τον έλεγχο της κίνησης και το οπτικό του πεδίο.

3.4.1.1 Η συμπεριφορά του χρήστη

Οι άνθρωποι συλλέγουν στοιχεία και πληροφορίες από διάφορες διακριτές πηγές του χώρου, οι οποίες τους προετοιμάζουν για την πλοήγηση του νέου περιβάλλοντος που βρίσκονται (J. Zacharias, 2006). Η ίδια τακτική ακολουθείται και στα εικονικά περιβάλλοντα όπου ο χρήστης συμπεριφέρεται με παρόμοιες τεχνικές και ενέργειες προκειμένου να περιηγηθεί με ευκολία, χωρίς πάντα να τα καταφέρνει (Ruddle & Lessels, 2006).

Η πλοήγηση στον πραγματικό κόσμο συνδέεται άμεσα και με στοιχεία όπως μυρωδιές, ήχοι και άλλους ανθρώπους (J. Zacharias, 2006). Η προσθήκη ήχων και εικονικών ανθρώπων σε εικονικά περιβάλλοντα πραγματοποιείται για την εξυπηρέτηση διάφορων σκοπών. Είναι στοιχεία του πραγματικού κόσμου που είναι οικεία στο χρήστη και ενισχύουν τη ρεαλιστική πλευρά του εικονικού περιβάλλοντος. Η απουσία τέτοιων στοιχείων από ένα εικονικό περιβάλλον, υποδηλώνει μια από τις διαφορές που έχουν τα δύο περιβάλλοντα μεταξύ τους. Επιπρόσθετα η πολύπλοκη δομή, οι καιρικές συνθήκες, τα άφθονα ορόσημα κ.α. είναι στοιχεία του πραγματικού κόσμου τα οποία επίσης απουσιάζουν από τα εικονικά περιβάλλοντα.

3.4.1.2 Ο έλεγχος της κίνησης

Η κίνηση του χρήστη στον πραγματικό κόσμο ελέγχεται μέσω των ματιών, του κεφαλιού και του σώματος. Υπάρχει απόλυτη ακρίβεια και έλεγχος στην κίνηση η οποία δεν είναι δυνατόν να απομιμηθεί σε ένα εικονικό περιβάλλον.

3.4.1.3 Το οπτικό πεδίο

Το ανθρώπινο μάτι έχει πεδίο όρασης 120 μοιρών όταν βρίσκεται σε ηρεμία στον κατακόρυφο άξονα και 150 μοιρών στον οριζόντιο. Η όραση και των δύο ματιών αυξάνουν το οριζόντιο πεδίο στις 200 μοίρες. Τα πεδία αυτά μπορούν να μεγαλώσουν με κινήσεις των ματιών, το κεφαλιού ή ολόκληρου του σώματος.

3.4.2 Η πλοήγηση στον εικονικό κόσμο (Desktop VR)

Η διαδικασία της πλοήγησης στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας χαρακτηρίζεται από το περιορισμένο πεδίο όρασης του χρήστη, συνήθως με χαμηλή σχεδιαστική λεπτομέρεια και από

την περιορισμένη ακρίβεια των κινήσεων του χρήστη που οφείλεται στις συσκευές εισόδου του υπολογιστή.
Στη συνέχεια καταγράφονται τα παραπάνω στοιχεία και οι διαφορές τους σε σχέση με την διαδικασία της πλοήγησης στον πραγματικό κόσμο.

3.4.2.1 Η συμπεριφορά του χρήστη

Η πλοήγηση στον εικονικό κόσμο είναι μια πιο σύνθετη διαδικασία σε σχέση με την πλοήγηση στον πραγματικό κόσμο. Η προσομοίωση ενός περιβάλλοντος δεν είναι δυνατόν να περιλαμβάνει όλες τις λεπτομέρειες του πραγματικού κόσμου. Είναι ιδιαίτερα δύσκολο και χρονοβόρο από σχεδιαστική άποψη και επιβαρύνει τη λειτουργία του υπολογιστή σε μεγάλο βαθμό. Βέβαια σε περιπτώσεις που οι χρήστες πλοηγούνται σε ένα εικονικό περιβάλλον το οποίο υπάρχει στον πραγματικό κόσμο και έχει μοντελοποιηθεί, παρατηρείται πως κινούνται με μεγαλύτερη άνεση. Επίσης παρατηρείται πως οι χρήστες όταν μαθαίνουν μια διαδρομή σε ένα εικονικό περιβάλλον που υπάρχει και στην πραγματικότητα, κάνουν τα τριπλάσια λάθη σε σχέση με αυτά που θα έκαναν αν πραγματοποιούσαν την ίδια διαδρομή στον πραγματικό κόσμο (π.χ. σε ένα εικονικό κτίριο), (Ruddle & Lessels, 2009). Αυτό οφείλεται στους περιορισμούς που έχουν τα επιτραπέζια εικονικά περιβάλλοντα.
Κάθε μετακίνηση από ένα σημείο σε ένα άλλο διευκολύνει το χρήστη να αντιληφτεί τη σύνδεση μεταξύ των τοποθεσιών και των διαδρομών του εικονικού περιβάλλοντος. Η διαδικασία αυτή αναφέρεται με τον όρο *'ενοποίηση διαδρομής'* (path integration) και γενικότερα διαμορφώνει σταδιακά την αντίληψη του ατόμου για το χώρο στον οποίο βρίσκεται. Παρόλα αυτά η ανθρώπινη κίνηση είναι μια πολύ σύνθετη διαδικασία και ακόμα είναι δύσκολο να επιτευχθεί η πλήρης απόδοσή της στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας.

Όσον αφορά την εξερεύνηση ενός άγνωστου εικονικού περιβάλλοντος οι χρήστες συμπεριφέρονται με παρόμοιο τρόπο όπως και στον πραγματικό κόσμο. Σε έρευνα των Elvins et al. (2001) παρατηρήθηκε πως οι χρήστες ακολουθούν τις εξής στρατηγικές για να αποφασίσουν την κατεύθυνση που θα επιλέξουν όταν βρίσκονται στο σταυροδρόμι ενός σύνθετου εικονικού περιβάλλοντος:

- Ελέγχουν προσεκτικά όποιο δρόμο συναντήσουν και αναζητούν το πρώτο κοντινό ορόσημο, ακόμα κι έχουν χαθεί
- Αν δεν βρίσκουν κάποιο ορόσημα, επαναλαμβάνουν τις ίδιες διαδρομές και συνεχίζουν να ψάχνουν μια οικεία εικόνα για να βρουν την πορεία τους

Κατά την περιήγηση σε εικονικές πόλεις οι χρήστες περπατάνε στα πεζοδρόμια και πριν διασχίσουν ένα δρόμο κοιτούν δεξιά και αριστερά (Murray et al., 2000). Επίσης προσπαθούν να προσανατολιστούν χρησιμοποιώντας ορόσημα ή ονόματα δρόμων (όταν υπάρχουν). Σε περιπτώσεις όπου είναι εφοδιασμένοι με ειδικές ικανότητες, οι οποίες δεν τηρούν τους νόμους της φύσης και της βαρύτητας, οι περισσότεροι χρήστες εξακολουθούν να συμπεριφέρονται όπως σε μια πραγματική πόλη (Murray et al., 2000). Συγκεκριμένα αποφεύγουν να πετάξουν πάνω από την πόλη ή να περπατήσουν πάνω σε τοίχους. Η μετακίνηση πραγματοποιείται κυρίως στο έδαφος, εκτός αν έχουν αποπροσανατολιστεί σε τόσο μεγάλο βαθμό που πλέον χρησιμοποιούν τις ειδικές ικανότητες σαν την έσχατη λύση.

3.4.2.2 Ο έλεγχος της κίνησης

Στα επιτραπέζια εικονικά περιβάλλοντα η κίνηση ελέγχεται από το ποντίκι και το πληκτρολόγιο. Ο χρήστης δέχεται ανάδραση των κινήσεων από το σύστημα μέσω των οπτικών αλλαγών της σκηνής (αλλαγή πλάνου). Αυτό συμβαίνει διότι οι κινήσεις των ματιών, του

κεφαλιού και του σώματος είναι προσαρμοσμένες στις δυνατότητες των συσκευών εισόδου (Ruddle et al., 1997).

3.4.2.3 Το οπτικό πεδίο

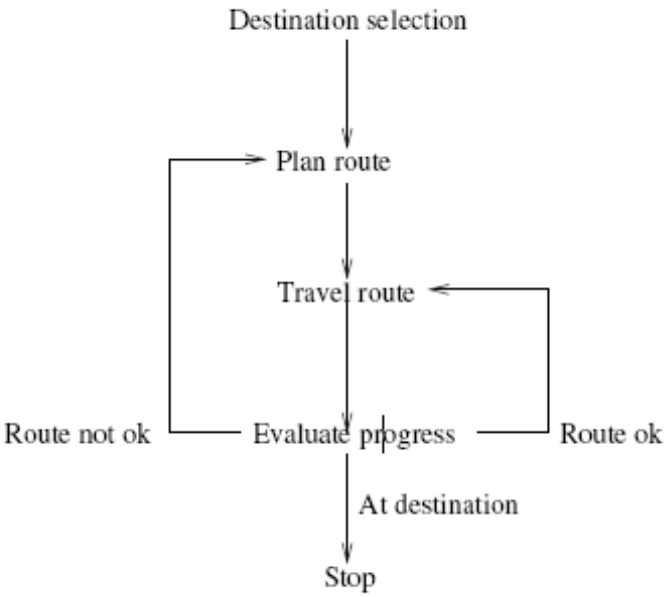
Το πεδίο όρασης του χρήστη στα εικονικά περιβάλλοντα περιορίζεται στα όρια της οθόνης του υπολογιστή και κυμαίνεται από 60 έως 100 μοίρες (Ruddle et al., 1997). Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση των κινήσεων του χρήστη για να την αντίληψη του περιβάλλοντα χώρου. Επίσης έχει σημαντική επίπτωση στην απόκτηση της χωρικής γνώσης, η οποία καθυστερεί σε σχέση με τον πραγματικό κόσμο.

Η πλοήγηση στον εικονικό κόσμο πραγματοποιείται είτε απευθείας από την όραση του χρήστη (first-person/immersive-like) είτε μέσω ενός φανταστικού χαρακτήρα που τον αντιπροσωπεύει (third-person/ imaginary avatar). Η first-person πλοήγηση είναι χρήσιμη στα εικονικά περιβάλλοντα μικρής κλίμακας όπου ο χρήστης αναπτύσσει πιο εύκολα ένα γνωστικό χάρτη. Η third-person πλοήγηση συνίσταται για εικονικά περιβάλλοντα μεγάλης κλίμακας όπου ο χρήστης βλέπει το χαρακτήρα που τον αντιπροσωπεύει σαν ένα κομμάτι του εικονικού κόσμου με αποτέλεσμα να ελέγχει πιο αποδοτικότερα την κάθε του κίνηση.

Η πλοήγηση με avatars έχει αποδειχτεί ιδιαίτερα αποδοτική σε ορισμένες κατηγορίες επιτραπέζιων εικονικών περιβαλλόντων (M. Corbit, 2002). Συγκεκριμένα σε τρισδιάστατα παιχνίδια εικονικής πραγματικότητας παρατηρείται πως ο χρήστης ελέγχει με μεγάλη απόδοση τις κινήσεις του χαρακτήρα που τον αντιπροσωπεύει (M. Corbit, 2002).

3.5 Χαρακτηριστικά εικονικού περιβάλλοντος που επηρεάζουν την πλοήγηση

Τα εικονικά περιβάλλοντα παρουσιάζουν ορισμένα χαρακτηριστικά με βάση τα οποία καθορίζεται ο βαθμός δυσκολίας τους και η απόδοση της πλοήγησης του χρήστη. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι: η περιβαλλοντική ακρίβεια (environmental fidelity) και η περιβαλλοντική αναγνωσιμότητα (environmental legibility).
Ο βαθμός της ομοιότητας που έχει ένα τέτοιο εικονικό περιβάλλον με εκείνο του πραγματικού κόσμου που μοντελοποιήθηκε για κάποιο σκοπό, ονομάζεται περιβαλλοντική ακρίβεια (environmental fidelity), (Darken & Peterson, 2001). Από την άλλη πλευρά ένα εικονικό περιβάλλον με υψηλή περιβαλλοντική ακρίβεια δεν εξασφαλίζει απαραίτητα την επιτυχή απόδοση πλοήγησης του χρήστη διότι επηρεάζεται και από επιμέρους παράγοντες.



Εικόνα 6. Γενική επισκόπηση πλοήγησης (Smith & Hart, 2006).

Επίσης ένα εικονικό περιβάλλον χαρακτηρίζεται και από τον βαθμό περιβαλλοντικής αναγνωσιμότητας του (environmental legibility),

(Omer & Goldblatt, 2007). Η περιβαλλοντική αναγνωσιμότητα αναφέρεται στην ευχέρεια του χρήστη να αναγνωρίζει οπτικές πληροφορίες και να οργανώνει κάθε κομμάτι του εικονικού περιβάλλοντος. Έχει μεγάλη επίδραση στην εύρεση μονοπατιού (wayfinding) και στον προσανατολισμό του χρήστη και απαρτίζεται από τρία χαρακτηριστικά: την πολυπλοκότητα (complexity), την ιδιαιτερότητα (differentiation) και την ορατότητα (visibility) του εικονικού περιβάλλοντος.

Η πολυπλοκότητα αφορά την διαμόρφωση του εικονικού χώρου και περιγράφει τις σχέσεις μεταξύ των τμημάτων που συνδέονται. Η υπερβολική σχεδιαστική λεπτομέρεια με πολλά εικονικά αντικείμενα αυξάνουν την πολυπλοκότητα ενός περιβάλλοντος. Η εύρεση μονοπατιού του χρήστη επηρεάζεται σημαντικά από την πολυπλοκότητα του περιβάλλοντος και ιδιαίτερα όταν απουσιάζει η συμμετρία και η ομοιόμορφη ταξινόμηση των εικονικών αντικειμένων (Omer & Goldblatt, 2007).

Η ιδιαιτερότητα αφορά τα κομμάτια του εικονικού περιβάλλοντος τα οποία έχουν διαφορετική διάταξη αλλά αλληλοσυνδέονται ανάλογα με το χρώμα, το μέγεθος και το σχήμα. Γενικότερα τα εικονικά περιβάλλοντα με έντονη ιδιαιτερότητα χαρακτηρίζονται κατανοητά ως προς τη δομή και έχουν την ιδιότητα να απομνημονεύονται στη μνήμη του χρήστη (Omer & Goldblatt, 2007).

Η ορατότητα ή η οπτική πρόσβαση (visibility or visual access) αφορά το βαθμό με τον οποίο διαφορετικά κομμάτια ενός εικονικού περιβάλλοντος μπορούν να παρατηρηθούν από πολλές οπτικές γωνίες έτσι ώστε να βοηθήσουν τον χρήστη να αντιληφθεί το χώρο και να αποκτήσει χωρική γνώση. Αναφέρεται κυρίως στα εικονικά περιβάλλοντα που αναπαριστούν εξωτερικούς χώρους μεγάλης κλίμακας. Γενικότερα ο βαθμός ορατότητας του εικονικού περιβάλλοντος παίζει σπουδαίο ρόλο στην ανάπτυξη ενός γνωστικού χάρτη, αφού ο προσανατολισμός του χρήστη βασίζεται στην

ικανότητα της απομνημόνευσης των οπτικών πληροφοριών που δέχεται (Omer & Goldblatt, 2007).

Σημαντικό ρόλο στην απόδοση πλοήγησης του χρήστη παίζει επίσης το σχήμα όσο και το μέγεθος του εικονικού περιβάλλοντος (M. Hegarty et al., 2006).

Όσον αφορά το σχήμα σε ένα ορθογώνιο περιβάλλον η απόδοση του χρήστη προβλέπεται να είναι ικανοποιητική διότι υπάρχει συμμετρία, γεγονός που ενισχύει την ικανότητα της απομνημόνευσης (J. Zacharias, 2006). Αντίθετα σε ένα μη ορθογώνιο και κατ' επέκταση πιο σύνθετο περιβάλλον, οι χρήστες τείνουν να χρησιμοποιούν μόνο μερικές από τις πληροφορίες που παρουσιάζονται ενώ αποφεύγουν όσες περιοχές που δεν περιλαμβάνουν πληροφορίες.

Εξίσου σημαντικό ρόλο στην απόδοση της πλοήγησης του χρήστη παίζει το μέγεθος του εικονικού χώρου. Τα εικονικά περιβάλλοντα μεγάλης κλίμακας είναι δύσκολο να εξερευνηθούν και να απομνημονευθούν από το χρήστη. Γενικότερα όσο αυξάνεται το μέγεθος του εικονικού περιβάλλοντος τόσο μειώνεται η απόδοση πλοήγησης του χρήστη, όπως ακριβώς συμβαίνει και σε ένα πραγματικό περιβάλλον (M. Hegarty et al., 2006).

Ένα επιπρόσθετο θέμα είναι η μέτρηση ενός εικονικού χώρου. Ένα δωμάτιο θεωρείται εικονικό περιβάλλον μικρής κλίμακας ενώ μια εικονική πόλη χαρακτηρίζεται ως περιβάλλον μεγάλης κλίμακας. Για μια ενδιάμεση κατάσταση ως προς το μέγεθος δεν υπάρχει ακριβής τρόπος αντιστοιχίας.

Η έννοια του χώρου διαφοροποιείται ως προς τη μορφοποίηση (figural space), την προοπτική (vista space) και το περιβαλλοντικό εύρος (environmental space), (Montello & Golledge, 1999). Ο μορφοποιημένος χώρος είναι μικρής κλίμακας και μπορεί να αντιληφθεί από μια οπτική γωνία. Ο προοπτικός χώρος είναι μεγάλης κλίμακας και γίνεται επίσης αντιληπτός από μια οπτική γωνία, χωρίς να χρειάζεται να μετακινηθεί ο χρήστης μέσα σε αυτόν (π.χ. εικονικά δωμάτια, πλατείες κ.α.). Ο περιβαλλοντικός χώρος είναι μεγάλης

κλίμακας που εμπεριέχει τον χρήστη. Περιλαμβάνει κτίρια, γειτονιές και εικονικές πόλεις και χρειάζεται την μετακίνηση του χρήστη για να κατανοηθεί.

3.6 Εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας στα επιτραπέζια συστήματα

Οι εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας στα επιτραπέζια συστήματα χωρίζονται ανάλογα με το σκοπό της πλοήγησης του χρήστη. Ταξινομούνται σε εφαρμογές αρχιτεκτονικής περιήγησης, ηλεκτρικών παιχνιδιών και ψυχαγωγίας (Modjeska & Waterworth, 2000).

3.6.1 Αρχιτεκτονική περιήγηση (Architectural Walkthroughs)

Τα εικονικά περιβάλλοντα συχνά περιλαμβάνουν κτίρια. Η περιήγηση σε εικονικά κτίρια είναι μια διαδικασία γνωστή ως αρχιτεκτονική περιήγηση (architectural walkthrough). Ο στόχος της περιήγησης είναι η εξερεύνηση ενός εικονικού κτιρίου και η ανακάλυψη των ενδιαφέρον χαρακτηριστικών του. Με την δημιουργία ενός εικονικού πρωτοτύπου υφίσταται η δυνατότητα αξιολόγησης της αρχιτεκτονικής κατασκευής από το χρήστη ως προς την κλίμακα, την ευχρηστία καθώς και την προσβασιμότητα της.

Σε εφαρμογές όπως είναι οι αρχιτεκτονικές περιηγήσεις (Architectural Walkthroughs) συνήθως ισχύουν περιορισμοί στη συμπεριφορά του χρήστη, όμοιοι με εκείνους του πραγματικού κόσμου (W. Sherman & A. Craig, 2003). Το σύστημα αποτρέπει το χρήστη, να προβεί σε ενέργειες που δεν θα μπορούσε να πράξει στην πραγματικότητα. Τηρούνται αυστηρά οι κανόνες της φύσης καθώς και ο νόμος της βαρύτητας. Οι ενέργειες του χρήστη συνεπώς είναι: να περιπλανηθεί στους ορόφους του κτιρίου, να ανοίξει πόρτες και παράθυρα, να ανέβει τις σκάλες και να χρησιμοποιήσει τον

ανελκυστήρα. Στην αρχιτεκτονική περιήγηση συνήθως ο σχεδιαστής καθορίζει την διαδρομή που πρόκειται να εκτελέσει ο χρήστης. Παράλληλα παρατηρείται πως στη συγκεκριμένη κατηγορία εικονικών περιβαλλόντων, οι σχεδιαστές προσπαθούν να μειώσουν τα προβλήματα της εύρεσης διαδρομής του χρήστη, εξασφαλίζοντάς του οπτική πρόσβαση (*visual access*) σε όσο το δυνατόν περισσότερα σημεία του εικονικού κτιρίου (Chittaro & Scagnetto, 2001).

Έπειτα παρατηρείται πως ενώ οι διαδρομές για συγκεκριμένους εικονικούς στόχους είναι κοινές, ο χρόνος που χρειάζεται κάθε χρήστης για να φτάσει σε αυτούς, είναι διαφορετικός (Arns & Cruz - Neira, 2004). Το γεγονός αυτό σχετίζεται με τα έπιπλα και τους τοίχους που περιλαμβάνει το εικονικό κτίριο. Ο χρόνος πλοήγησης επηρεάζεται από του ελιγμούς που πραγματοποιεί ο χρήστης για να φτάσει στο στόχο του καθώς και με τυχόν συγκρούσεις που έχει με τα εικονικά αντικείμενα.

Είναι πολύ σημαντικό στις συγκεκριμένες εφαρμογές να μπορεί ο χρήστης να μεταφέρεται σύντομα σε κάθε επιθυμητό προορισμό, ενώ παράλληλα αποκτά πληροφορίες σχετικά με τη διάταξη του χώρου.

Η αρχιτεκτονική περιήγηση δεν πραγματοποιείται μόνο για τον έλεγχο μελλοντικών κατασκευών, αλλά και για την αναπαράσταση ιστορικών περιοχών, μουσείων ή αρχαιολογικών χώρων. Με αυτόν τον τρόπο άτομα με κινητικά προβλήματα ή προβλήματα όρασης έχουν τη δυνατότητα νε έρθουν σε επαφή με τους παραπάνω χώρους (Lepouras & Vassilakis, 2005). Παράλληλα έχει και εκπαιδευτικό χαρακτήρα. Αρχαιολογικοί χώροι, μουσεία και ιστορικές περιοχές γίνονται επισκέψιμες περιοχές για τα παιδιά από το χώρο του σχολείου ή ακόμα και από το σπίτι τους. Η εμπειρία του εικονικού περιβάλλοντος συμβάλλει σημαντικά στη μετάδοση ιστορικών και πολιτιστικών γνώσεων των μαθητών.

3.6.1.1 Εικονικά μουσεία

Τα εικονικά μουσεία υπάγονται στην κατηγορία της αρχιτεκτονικής περιήγησης. Ένα εικονικό μουσείο αποτελείται από μια συλλογή από ψηφιακές εικόνες υψηλής ανάλυσης, ηχογραφημένους ήχους, κείμενα και άλλα δεδομένα με ιστορικό, επιστημονικό και πολιτιστικό χαρακτήρα, τα οποία είναι καταχωρημένα σε ηλεκτρονικά μέσα. Σύμφωνα με τους Stylaiou et al. (2009), υπάρχουν τρεις κατηγορίες εικονικών μουσείων στο διαδίκτυο τα οποία σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να αποτελούν μια επέκταση των φυσικών μουσείων του πραγματικού κόσμου. Χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Μουσεία ενημερωτικά (Brochure museum)

Τα ενημερωτικά μουσεία δεν αποτελούν τρισδιάστατη εφαρμογή και στοχεύουν στην ενημέρωση των μελλοντικών επισκεπτών του μουσείου. Περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με την τοποθεσία του μουσείου, τις ώρες λειτουργίες του και τις εκδηλώσεις του, έτσι ώστε να δημιουργήσουν στους χρήστες ένα κίνητρο για επίσκεψη.

- Μουσεία με περιεχόμενο (Content museum)

Είναι κατασκευασμένα υπό μορφή ιστοσελίδας και παρουσιάζουν όλες τια απαραίτητες πληροφορίες για τα εκθέματα του εικονικού μουσείου. Το μουσείο σαν σύνολο δεν αποτελεί τρισδιάστατη εφαρμογή αρχιτεκτονικής περιήγησης. Τα εκθέματα όμως που παρουσιάζει είναι διαθέσιμα σε τρισδιάστατη μορφή, τα οποία ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να περιστρέψει και να παρατηρήσει.

- Μουσεία εκμάθησης (Learning museum)

Τα μουσεία εκμάθησης είναι επίσης ιστοσελίδες οι οποίες προσφέρουν στον επισκέπτη διαφορετικές πληροφορίες ανάλογα με την ηλικία του, το υπόβαθρο και το μορφωτικό του επίπεδο.

Τα εικονικά μουσεία συνήθως επιτρέπουν στο χρήστη τον έλεγχο της διαδρομής διότι παρέχουν διάφορες οπτικές γωνίες του χώρου καθώς και την κάτοψη του μουσείου.

Ο εικονικός επισκέπτης δεν είναι απλός παρατηρητής του χώρου αλλά έχει τη δυνατότητα να αλληλεπιδρά με τα αντικείμενα και να διαμορφώνει ένα νοητό χάρτη του περιβάλλοντος που βρίσκεται (Stylaiou et al., 2009).

Συχνά παρατηρείται το γεγονός ότι τα εικονικά μουσεία έχουν ελλείψεις όσον αφορά την παρουσίαση της ταυτότητάς τους. Αυτό συμβαίνει διότι οι ψηφιακές εικόνες από τις οποίες αποτελείται το μουσείο δεν είναι αρκετές ή δεν είναι καλής ποιότητας. Η μεγάλη ποσότητα εικόνων και η υψηλή τους ανάλυση είναι στοιχεία που καθιστούν πλήρης και αληθοφανές το εικονικό μουσείο αλλά παράλληλα είναι δεδομένα που καταλαμβάνουν μεγάλο χώρο σε ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή. Ένα εικονικό μουσείο πρέπει να υποδεικνύει τη λειτουργία του, το σκοπό του και το περιεχόμενο του στο χρήστη (Stylaiou et al., 2009).

3.6.2 Ηλεκτρονικά παιχνίδια (Computer games)

Τα ηλεκτρονικά παιχνίδια αποτελούν την πιο δημοφιλή κατηγορία εικονικών περιβαλλόντων. Είναι παιχνίδια που παίζονται σε υπολογιστή, περιλαμβάνουν στόχους και διέπονται από κανόνες. Μπορεί να έχουν εκπαιδευτικό ή ψυχαγωγικό χαρακτήρα. Ελέγχονται από το ποντίκι, το πληκτρολόγιο ή από χειριστήριο. Ο βασικός λόγος που προσελκύουν τον χρήστη είναι διότι του δημιουργούν έντονες συναισθηματικές αντιδράσεις όπως: φόβο, ευχαρίστηση, δύναμη, επιθετικότητα κ.α.

3.6.3 Ψυχαγωγία - Εικονικές κοινότητες (Virtual communities)

Οι εικονικές κοινότητες είναι κοινωνικά δίκτυα του διαδικτύου στα οποία οι χρήστες επικοινωνούν σε πραγματικό χρόνο και μοιράζονται πληροφορίες και κοινά ενδιαφέροντα. Συγκεκριμένα αναφέρεται ο

εικονικός κόσμος συνομιλίας 'Second Life' που έχει συγκεντρώσει 18,6 εκατομμύρια χρήστες από το 2003 που δημιουργήθηκε. Το Second Life αποτελεί μια αντανάκλαση της πραγματικής ζωής όπου εκατομμύρια χρήστες συνευρίσκονται σε έναν εικονικό κόσμο: για να αναπτύξουν διαπροσωπικές σχέσεις, να εργαστούν για να κερδίσουν χρήματα, να πραγματοποιήσουν ταξίδια και γενικότερα να ζήσουν μια τρισδιάστατη εικονική ζωή όπως οι ίδιοι επιλέγουν να την ελέγχουν μέσω του υπολογιστή. Στο συγκεκριμένο παιχνίδι του διαδικτύου δεν υπάρχουν νικητές και χαμένοι ή ανταγωνισμός με πόντους. Σκοπός του είναι να καλύψει την ανάγκη των χρηστών του διαδικτύου για επικοινωνία και διαπροσωπικές σχέσεις σε ένα εικονικό περιβάλλον όπου όλοι έχουν τη δυνατότητα να ξεκινήσουν τη ζωή τους όπως θα ήθελαν.

3.7 Εκμάθηση διάταξης εικονικού περιβάλλοντος (Learning virtual environment's layout)

Ο τρόπος εκμάθησης ενός εικονικού περιβάλλοντος παίζει σημαντικό ρόλο στην απόδοση της πλοήγησης του χρήστη. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να γνωρίσει το εικονικό περιβάλλον:

- μέσω της αλληλεπίδρασης με τον υπολογιστή (desktop VE), (M. Hegarty et al., 2006)
- από την παρακολούθηση ενός βίντεο του εικονικού περιβάλλοντος (M. Hegarty et al., 2006)
- από την μελέτη του χάρτη που αναπαριστά το συγκεκριμένο περιβάλλον (R. G. Colledge., 1999)
- από τη φυσική εξερεύνηση του περιβάλλοντος (π.χ. με περπάτημα στην περίπτωση που το υπό εξέταση εικονικό περιβάλλον υπάρχει και στον πραγματικό κόσμο και ο χρήστης έχει πρόσβαση σε αυτό), (M. Hegarty et al., 2006).

Υποστηρίζεται πως η φυσική εξερεύνηση είναι η αποδοτικότερη μέθοδος εκμάθησης ενός εικονικού περιβάλλοντος, με την οποία ο

χρήστης αποκτά χωρική γνώση πολύ σύντομα (M. Hegarty et al., 2006). Από την άλλη πλευρά υπάρχουν πραγματικά περιβάλλοντα τα οποία δεν μπορεί να γνωρίσει ο χρήστης (όπως ένα ενεργό ηφαίστειο) και σε αυτή την περίπτωση δεν ισχύει ο συγκριμένος τρόπος εκμάθησης. Έπειτα η φυσική εξερεύνηση είναι μια μέθοδος που δεν υφίσταται πάντα για διάφορους λόγους και για αυτό το λόγο το πραγματικό περιβάλλον μοντελοποιείται (π.χ. η φυσική εξερεύνηση ενός μουσείου της Νέας Υόρκης από μια ομάδα μαθητών δημοτικού).

3.8 Συμπεράσματα

Η πλοήγηση είναι η βασική ενέργεια που πραγματοποιείται στα εικονικά περιβάλλοντα με την οποία ο χρήστης κινείται και αλληλεπιδρά με το σύστημα. Αναφέρθηκαν τα σημαντικότερα από τα πεδία εφαρμογής της εικονικής πραγματικότητας στα επιτραπέζια συστήματα τα οποία ταξινομήθηκαν ανάλογα με το σκοπό πλοήγησης του χρήστη. Οι εφαρμογές αυτές είναι πάρα πολλές και σε συνδυασμό με τη διάδοση του διαδικτύου απορρέει το συμπέρασμα πως οι χρήστες των επιτραπέζιων συστημάτων εικονικής πραγματικότητας αυξάνονται ραγδαία, με αποτέλεσμα να δημιουργείται παράλληλα η ανάγκη για εύχρηστα συστήματα και βοηθήματα πλοήγησης τα οποία βελτιώνουν την απόδοση πλοήγησης. Ο χρήστης χρησιμοποιεί τις αισθήσεις της όρασης και της ακοής για να αντιληφθεί τα χαρακτηριστικά του εικονικού περιβάλλοντος. Το γεγονός αυτό ίσως να αποτελεί περιορισμό για έναν χρήστη με μειωμένες αισθήσεις.

Η πλοήγηση αποτελείται από δύο κομμάτια: από το μηχανικό κομμάτι (travel) σύμφωνα με το οποίο ο χρήστης μετακινείται μέσα στο χώρο και από το γνωστικό κομμάτι που ονομάζεται εύρεση μονοπατιού (wayfinding) και με βάση αυτό επιλέγει την διαδρομή του στον εικονικό χώρο. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να μετακινηθεί

(locomotion or motion) με διάφορους τρόπους ανάλογα με τις μεταφορές πλοήγησης που παρέχει το σύστημα.

Η πλοήγηση είναι αποτελεσματική όταν ο χρήστης έχει καταφέρει να προσανατολιστεί στο χώρο και να αναπτύξει ένα γνωστικό χάρτη. Ο γνωστικός χάρτης αποτελεί μια νοητική αναπαράσταση του εικονικού περιβάλλοντος και επιτυγχάνεται μετά από τρία διαδοχικά επίπεδα: τη γνώση οροσήμων, τη γνώση διαδρομής και την τοπογραφική γνώση. Τα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη ενός γνωστικού χάρτη σε μεγάλο βαθμό. Η δυσκολία της ανάπτυξης οφείλεται στην απουσία της περιφερειακής όρασης του χρήστη και κατ' επέκταση στο περιορισμένο του οπτικό πεδίο. Το γεγονός αυτό αποτελεί εμπόδιο στην αντίληψη του χώρου και στην απόκτηση χωρικής γνώσης. Επίσης οφείλεται στα ερεθίσματα που δέχεται ταυτόχρονα από τον εικονικό και τον πραγματικό κόσμο, οι οποίοι συνυπάρχουν στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απόσπαση της προσοχής του και την απόκλιση από τον σκοπό της πλοήγησής του.

Παράλληλα η πλοήγηση επηρεάζεται από χαρακτηριστικά του εικονικού περιβάλλοντος όπως :η περιβαλλοντική ακρίβεια (environmental fidelity), η περιβαλλοντική αναγνωσιμότητα (environmental legibility), η πολυπλοκότητα (complexity), η ιδιαιτερότητα (differentiation) και η ορατότητα (visibility) καθώς και από την εκμάθηση της διάταξης του εκάστοτε χώρου. Έπειτα πολλά στοιχεία του πραγματικού κόσμου όπως: μυρωδιές, καιρικές συνθήκες, άνθρωποι, άφθονα ορόσημα κ.α. απουσιάζουν από τα εικονικά περιβάλλοντα, παρόλο που θα βελτίωναν την πλοήγηση του χρήστη. Ο ίδιος ακολουθεί διάφορες στρατηγικές για να συγκρατεί στη μνήμη του τη δομή του εικονικού περιβάλλοντος. Οι στρατηγικές αυτές εξαρτώνται από τα προσωπικά χαρακτηριστικά του και από τα χαρακτηριστικά του εικονικού κόσμου, τα οποία αναλύονται στο επόμενο κεφάλαιο.

4. Χρήστης

Ο χρήστης αλληλεπιδρά με ένα επιτραπέζιο σύστημα εικονικής πραγματικότητας για να επιτύχει ένα σκοπό και να αποκομίσει μια εμπειρία. Κάθε χρήστης είναι διαφορετικός και αντιπροσωπεύεται από ατομικά χαρακτηριστικά τα οποία επιδρούν στην απόδοση της πλοήγησής του.

4.1 Τα χαρακτηριστικά του χρήστη

Παρατηρείται πως ορισμένοι παράγοντες επηρεάζουν σημαντικά την πλοήγηση και καθορίζουν τον τρόπο αλληλεπίδρασης του χρήστη με το εικονικό περιβάλλον (Chen & Stanney, 1999). Οι παράγοντες είναι οι εξής:

- το φύλο
- η ηλικία
- οι γνωστικές ικανότητες
- οι μαθησιακές ικανότητες
- η εμπειρία με ηλεκτρονικούς υπολογιστές
- η εμπειρία με εικονικά περιβάλλοντα
- το μορφωτικό επίπεδο
- προσωπικότητα
    - κίνητρα και προσωπικοί στόχοι
    - συναισθήματα

4.1.1 Το φύλο του χρήστη

Το φύλο του χρήστη είναι ένα από τα χαρακτηριστικά που δημιουργεί πολλά ερωτήματα ως προς την απόδοση πλοήγησης. Πολλές έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί καταλήγουν στο συμπέρασμα πως το αρσενικό φύλο ανταποκρίνεται αποτελεσματικότερα στα εικονικά περιβάλλοντα και γενικά στα

θέματα που αφορούν τους υπολογιστές και την ανάπτυξη τεχνολογίας (Waller et al., 1998).
Οι διαφορές που παρουσιάζουν τα δύο φύλα στον τρόπο που επιλέγουν να δράσουν μέσα στο εικονικό περιβάλλον, οφείλονται σε βιολογικούς παράγοντες (π.χ. διαφορές στην οργάνωση του εγκεφάλου, σε ορμονικές επιδράσεις) και εμπειρικούς παράγοντες (π.χ. τα αγόρια από μικρή ηλικία κάνουν δραστηριότητες που τους επιτρέπει να αναπτύσσουν ικανότητες προσανατολισμού) (C.A. Lawton, 1996).

4.1.1.1 Άντρες

Οι άντρες από νεαρή ηλικία ασχολούνται με ηλεκτρονικά παιχνίδια και υπολογιστές, γεγονός που τους εξοικειώνει με τα εικονικά περιβάλλοντα (Waller et al., 1998). Παρατηρείται πως εμφανίζουν πιο έντονα την ικανότητα προσανατολισμού και χρειάζονται λιγότερο χρόνο για την ολοκλήρωση μιας δοκιμασίας πλοήγησης, χωρίς να πραγματοποιούν πολλά λάθη (A. Bosco et al., 2004). Το γεγονός αυτό οφείλεται στην εμπειρία που έχει η συγκεκριμένη ομάδα χρηστών με τα ηλεκτρονικά παιχνίδια και κατ' επέκταση με τα εικονικά περιβάλλοντα (L. Castelli et al., 2008). Επίσης οι άντρες έχουν από μικρή ηλικία την τάση της εξερεύνησης, γεγονός που επιτρέπει την αναζήτηση εναλλακτικών διαδρομών και αυξάνει το προσωπικό κίνητρο πλοήγησης, όμως παράλληλα αυξάνει και τη πιθανότητα του αποπροσανατολισμού.
Επίσης έχουν την ικανότητα να απομνημονεύουν πιο εύκολα πιθανές διαδρομές που μπορούν να ακολουθήσουν, να αναπτύσσουν γρήγορα στρατηγικές εξερεύνησης του εικονικού περιβάλλοντος και να επηρεάζονται ελάχιστα από συναισθήματα όπως άγχος, ανησυχία, ανασφάλεια κ.α. (Lawton & Kallai, 2002). Η ανησυχία εύρεσης διαδρομής (wayfinding anxiety) είναι ένα συναίσθημα που

δημιουργείται στο χρήστη κατά τη διαδικασία της πλοήγησης και ιδιαίτερα στις γυναίκες.

Έπειτα παρουσιάζουν μεγαλύτερες επιδόσεις όσον αφορά τη στρατηγική εύρεσης μονοπατιού (wayfinding strategy) και προσανατολισμού (orientation strategy), (L. Castelli et al., 2008). Η διαφορά των δύο φύλων οφείλεται αφενός στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης της ικανότητας προσανατολισμού του ανθρώπου (Childhood wayfinding experience) και αφετέρου στο ότι ο πραγματικός κόσμος επιφυλάσσει περισσότερους κινδύνους για το γυναικείο φύλο.

Παράλληλα παρουσιάζουν υψηλές επιδόσεις και στην στρατηγική προσανατολισμού (orientation strategy) στην πλοήγηση εσωτερικών χώρων και εντοπίζουν απαρατήρητα ορόσημα μέσα σε εικονικά κτίρια (C.A. Lawton, 1996). Επίσης καταφέρνουν να βρουν τη διαδρομή τους με όποιο βοηθητικό εργαλείο έχουν στη διάθεσή τους, ανεξάρτητα από τον παράγοντα του χρόνου (C.-H. Chen et al., 2009). Τα αποτελέσματα της έρευνας των C.-H. Chen et al. (2009) δείχνουν ότι οι άντρες χρήστες ολοκληρώνουν εύκολα και γρήγορα μια αποστολή πλοήγησης ενώ χρησιμοποιούν με άνεση τα βοηθητικά εργαλεία (3D arrows & YAH map) που τους δίδονται σε σχέση με τις γυναίκες χρήστες. Γενικότερα χρησιμοποιούν ταυτόχρονα όλες τις πληροφορίες (γεωμετρικές πληροφορίες και ορόσημα) που τους παρέχονται. Σε γενικές γραμμές οι άντρες είναι ιδιαίτερα παρατηρητικοί, ευρηματικοί και έχουν καλύτερο μνημονικό από τις γυναίκες (Albert et al., 1999; Ruddle & Lessels, 2009; M. Hegarty et al., 2006).

4.1.1.2 Γυναίκες

Από την άλλη πλευρά οι γυναίκες είναι περισσότερο οργανωτικές και τηρούν πιστά τις οδηγίες που τους δίδονται, προκειμένου να αποφύγουν τον αποπροσανατολισμό. Οι γυναίκες από τα πρώτα

χρόνια της παιδικής τους ηλικίας εκδηλώνουν το συναίσθημα της προσωπικής ασφάλειας (personal safety), γι' αυτό και προτιμούν να ακολουθούν οποιαδήποτε γνώριμη διαδρομή ακόμα και αν αυτή είναι μεγαλύτερη σε απόσταση για τον επιθυμητό προορισμό.

Δίνουν μεγάλη σημασία στα ορόσημα προκειμένου να προσανατολιστούν σε ένα νέο εικονικό περιβάλλον (L. Castelli et al., 2008). Σε μελέτες εικονικών περιβαλλόντων με κύριο βοήθημα πλοήγησης τα ορόσημα, οι γυναίκες ανταποκρίνονται με επιτυχία στους στόχους πλοήγησης σε σχέση με τους άντρες (Parush & Berman, 2004). Παράλληλα επηρεάζονται έντονα από συναισθήματα όπως άγχος, αβεβαιότητα, ανησυχία εύρεσης διαδρομής κ.α., οι οποίοι έχουν αρνητική επίδραση στην απόδοσή τους.

Όσον αφορά την πλοήγηση σε εσωτερικούς χώρους, έχουν καλύτερη στρατηγική διαδρομής (route strategy) και χρησιμοποιούν κατ' επιλογή τα ορόσημα προκειμένου να προσανατολιστούν σε ένα νέο περιβάλλον (Lawton, 1996). Μια εξήγηση για το γεγονός αυτό είναι πως οι εσωτερικοί εικονικοί χώροι είναι περιορισμένων διαστάσεων με αποτέλεσμα να δίδεται μια αίσθηση ασφάλειας και σιγουριάς στις γυναίκες, σε σχέση με περιβάλλοντα μεγάλης κλίμακας.

Σε σύνθετα εικονικά περιβάλλοντα παρατηρείται πως προτιμούν τη τοπογραφική στρατηγική (survey strategy), (L. Castelli et al., 2008).

Επίσης παρατηρείται ότι το γυναικείο φύλο και ιδιαίτερα οι γυναίκες άνω των 55 ετών, δυσκολεύεται πολύ στην εκμάθηση πλοήγησης και χρειάζεται πολλές επαναλήψεις για την αφομοίωση μιας ενέργειας (M. Sjolinder et al., 2005). Έπειτα σε έρευνα των L. Castelli et al. (2008), προκύπτει πως η αλλαγή των θέσεων των οροσήμων ενός εικονικού περιβάλλοντος, επηρεάζει περισσότερο την απόδοση πλοήγησης των γυναικών.

4.1.2 Η ηλικία του χρήστη

Η ηλικία είναι ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του χρήστη η οποία όσο αυξάνεται τόσο αρνητική επίδραση στην πλοήγηση (Stanney et al., 1998). Η προχωρημένη ηλικία του ανθρώπου επηρεάζει και τις υπόλοιπες αισθήσεις του όπως τη μνήμη, την όραση, την ακοή και τα αντανακλαστικά του και συνεπώς επηρεάζει άμεσα την αποδοτικότητά του σε ένα εικονικό περιβάλλον. Οι αισθήσεις του χρήστη μειώνονται ανεξάρτητα από το φύλο, ενώ η μνήμη του αδυνατεί να συγκρατήσει νέες πληροφορίες.

Οι ηλικιωμένοι χρήστες (άνω των 60 ετών) αντιμετωπίζουν περισσότερες δυσκολίες από τους νεότερους (κάτω των 40 ετών), κατά την εκμάθηση νέων εφαρμογών σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές (M. Sjolinder et al., 2005) παρόλο που είναι πρόθυμοι να τις διδαχθούν. Έχουν ασθενή μνήμη και δεν συγκρατούν εύκολα νέες πληροφορίες (Moffat et al. 2001). Καταναλώνουν αρκετό χρόνο για να γνωρίσουν ένα εικονικό περιβάλλον και επαναλαμβάνουν τις ίδιες ενέργειες για την ολοκλήρωση ενός στόχου πλοήγησης σε σχέση με τους νεότερους (M. Sjolinder et al., 2005; R. Pak et al., 2008). Παράλληλα δυσκολεύονται στην απομνημόνευση διαδρομών και στην ανάπτυξη γνωστικών χαρτών ενώ επαναλαμβάνουν λανθασμένες κινήσεις. Έπειτα παρατηρείται ότι έχουν μειωμένη όραση και κατ' επέκταση ασθενέστερη αντίληψη του χώρου. Σε περιπτώσεις όπου οι χρήστες έπρεπε να εντοπίσουν εικονικά αντικείμενα σε τρισδιάστατα περιβάλλοντα, οι μεγαλύτεροι σε ηλικία χρήστες, εκτιμούσαν λανθασμένα τις αποστάσεις και τις διαστάσεις των αντικειμένων (M. Sjolinder et al., 2005).

Όλες οι παραπάνω επιπτώσεις που έχει η ηλικία στην απόδοση πλοήγησης, παρουσιάζονται σε διεπαφές όπου οι πληροφορίες του συστήματος και η ανάθεση κάθε αποστολής του χρήστη πραγματοποιείται με οπτικό τρόπο. Σύμφωνα με τους R. Pak et al. (2008) η απόδοση πλοήγησης των ηλικιωμένων χρηστών

βελτιώνεται σημαντικά, όταν η επικοινωνία επιτυγχάνεται με αλληλεπιδραστικά φωνητικά συστήματα. Συγκεκριμένα σε πείραμα που οι ίδιοι πραγματοποίησαν, προκύπτει πως η ανάθεση αποστολής του χρήστη, σε μη οπτικά συστήματα πλοήγησης (non - visual computer - based navigation), με χρήση φωνητικής εντολής, έχει θετικά αποτελέσματα για τους ηλικιωμένους χρήστες. Ο σκοπός πλοήγησης γίνεται άμεσα κατανοητός και ο χρήστης προσπαθεί να τον ολοκληρώσει, χωρίς να χάνει χρόνο. Παράλληλα δεν χρειάζεται να καταβάλλει μεγάλη προσπάθεια να αντιληφτεί μια οπτική πληροφορία του συστήματος, σε περίπτωση μειωμένης όρασης (R. Pak et al., 2008). Γενικότερα ο παράγοντας της προχωρημένης ηλικίας έχει συνήθως αρνητική επιρροή στην απόδοση πλοήγησης του χρήστη. Συνεπώς θα ήταν καλό, η σχεδίαση κάθε συστήματος να ακολουθεί προδιαγραφές, οι οποίες περιλαμβάνουν κι αυτήν την ομάδα χρηστών.

Από την άλλη πλευρά υπάρχει και η ομάδα χρηστών νεαρής ηλικίας η οποία σημειώνει επί το πλείστον υψηλή απόδοση πλοήγησης και ανταποκρίνεται σε κάθε ερέθισμα που δέχεται από το εικονικό περιβάλλον. Το γεγονός αυτό εξηγείται υπό την έννοια ότι η συγκεκριμένη γενιά (κυρίως οι έφηβοι) μαθαίνουν από ιδιαίτερα νεαρή ηλικία υπολογιστές και παίζουν ηλεκτρονικά παιχνίδια. Βέβαια δεν εξυπακούεται πως οι χρήστες νεαρής ηλικίας καταφέρνουν να πλοηγηθούν πάντα με επιτυχία. Αντιμετωπίζουν και εκείνοι προβλήματα με τη διαφορά πως κάθε φορά που επαναλαμβάνουν μια ενέργεια εξοικειώνονται με την εφαρμογή με αποτέλεσμα να βελτιώνεται σταδιακά η απόδοσή τους (Moffat et al., 2001). Τα περισσότερα προβλήματα που έχει η συγκεκριμένη ομάδα χρηστών σχετίζονται με την εμπειρία που έχουν με τα εικονικά περιβάλλοντα και τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Αρκετοί από αυτούς δεν είναι εξοικειωμένοι με τα επιτραπέζια εικονικά περιβάλλοντα, όμως όταν βρεθούν σε ένα από αυτά προσαρμόζονται χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία. Η πλειοψηφία βέβαια έχει μεγάλη εξοικείωση με τους ηλεκτρονικούς

υπολογιστές διότι αποτελούν πλέον αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητάς τους.

4.1.3 Οι γνωστικές ικανότητες του χρήστη

Οι γνωστικές ικανότητες συνδέονται με τον τρόπο που ο χρήστης αντιλαμβάνεται τον κόσμο και παράλληλα περιλαμβάνουν όλες τις διανοητικές διαδικασίες, με τις οποίες ένα άτομο αποκτά γνώση. Οι γνωστικές ικανότητες που επηρεάζουν την απόδοση του χρήστη στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας είναι:

- η μνήμη

Η μνήμη είναι η πιο σημαντική από τις γνωστικές ικανότητες του χρήστη, διότι σε μέσα σε έναν εικονικό κόσμο, του δίνει τη δυνατότητα να αποθηκεύει πληροφορίες, να θυμάται διαδρομές και να αναγνωρίζει ορόσημα. Με βάση τα παραπάνω στοιχεία ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αποκτήσει χωρική γνώση και να αναπτύξει ένα γνωστικό χάρτη για το εικονικό περιβάλλον.

- η προσοχή

Η ικανότητα της προσοχής είναι διαφορετική σε κάθε χρήστη. Ορισμένοι παράγοντες όπως η ηλικία, το άγχος, ο εκνευρισμός, αποδυναμώνουν την ικανότητα αυτή και κατ' επέκταση την απόδοση πλοήγησης του χρήστη. Από την άλλη πλευρά, αποτελεί θετικό στοιχείο όταν ο στόχος της προσοχής είναι ενδιαφέρων για τον χρήστη. Με αυτόν τον τρόπο του δίδεται ένα κίνητρο έτσι ώστε να διατηρείται η προσοχή του στον ίδιο στόχο για μεγάλο χρονικό διάστημα. Βέβαια στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας, είναι πολύ εύκολη η απόσπαση της προσοχής του χρήστη, διότι ο εικονικός κόσμος συνυπάρχει με τον πραγματικό. Γενικότερα το σύστημα από την σχεδίασή του θα πρέπει να διατηρεί την προσοχή του χρήστη στις σημαντικές περιοχές του εικονικού περιβάλλοντος έτσι ώστε να τον βοηθά στην ολοκλήρωση του στόχου πλοήγησης.

- η σκέψη

Η σκέψη είναι μια παραγωγική ανθρώπινη διαδικασία διαχείρισης πληροφοριών, στην οποία εμπλέκονται συλλογισμοί, γνώσεις, αναμνήσεις και από την οποία προκύπτουν συμπεράσματα, αποφάσεις και συναισθήματα. Σε ένα εικονικό περιβάλλον η σκέψη βοηθά το χρήστη στην ταξινόμηση πληροφοριών και στην εύρεση μονοπατιού.

- η οπτική αντίληψη – διαχείριση οπτικής πληροφορίας

Η οπτική αντίληψη του χρήστη συμβάλλει στην ερμηνεία και τη διαχείριση κάθε πληροφορίας που δέχεται από το εικονικό περιβάλλον μέσω της αίσθησης της όρασης, από την οθόνη του υπολογιστή. Σε ένα εικονικό περιβάλλον η οπτική αντίληψη του χρήστη ενεργοποιείται:

  - από το μέγεθος των αντικειμένων που υποδηλώνουν την απόσταση
  - από το βάθος του οπτικού πεδίου (Stanney et al., 1998). Το βάθος του οπτικού πεδίου εξαρτάται από το αν μια σκηνή είναι στατική ή δυναμική.
  - από το ύψος στο κάθε επίπεδο ή τις σκιές, που συνδέονται με τον υπολογισμό του βάθους
  - από την κίνηση

Σχετικά με την οπτική αντίληψη του χρήστη μέσα σε ένα εικονικό περιβάλλον, οι σημαντικότερες σταθερές είναι: το μέγεθος, το σχήμα, το χρώμα και η φωτεινότητα (Chandler, 1997). Η οπτική αντίληψη συνδέεται άμεσα και με την μνήμη.

- η ικανότητα επίλυσης προβλημάτων

Η επίλυση προβλημάτων που ενδέχεται να αντιμετωπίσει ο χρήστης μέσα στο εικονικό περιβάλλον, είναι μια ιδιαίτερη επιδεξιότητα και χρειάζεται τον συνδυασμό των περισσότερων γνωστικών ικανοτήτων που προαναφέρονται. Για αυτό το λόγο η ικανότητα της επίλυσης προβλημάτων συνδέεται με τη στρατηγική πλοήγησης. Κάθε χρήστης συμπεριφέρεται διαφορετικά ως προς τη στρατηγική που ακολουθεί

και την κατεύθυνση που επιλέγει μέσα στο εικονικό περιβάλλον. Αυτό συμβαίνει διότι κάθε χρήστης έχει διαφορετικά ατομικά χαρακτηριστικά (σκέψη, παρατηρητικότητα, μνήμη κ.α.) και επηρεάζεται από συγκεκριμένους παράγοντες. Οι στρατηγικές πλοήγησης του χρήστη είναι:

- Η στρατηγική αναζήτησης (search strategies), (Chen & Stanney, 1999)
- Η στρατηγική προσανατολισμού (orientation strategy), (Lawton & Kallai, 2002).

Η στρατηγική προσανατολισμού συχνά συνδέεται με τον τόπο κατοικίας του χρήστη. Οι χρήστες που στην πραγματική ζωή ζουν σε πόλεις μεγάλης κλίμακας, έχουν ήδη αναπτύξει τη συγκεκριμένη ικανότητα στρατηγικής. Συνεπώς η πλοήγηση σε ένα ανάλογο εικονικό περιβάλλον, παρόμοιο με εκείνο της καθημερινότητας αποτελεί ένα οικείο στοιχείο.

- Η στρατηγική διαδρομής (route strategy), (Lawton & Kallai, 2002).

4.1.4 Οι μαθησιακές ικανότητες του χρήστη

Οι μαθησιακές ικανότητες διαφέρουν σε κάθε χρήστη. Η ικανότητα της αντίληψης, της κατανόησης και της αφομοίωσης νέων πληροφοριών έχουν σημαντική επίδραση στην απόδοση πλοήγησης του χρήστη. Οι μαθησιακές ικανότητες συνδέονται και με την διαφορετικότητα στις δυνατότητες του ανθρώπου (ability differences). Το άτομο διαχειρίζεται με ξεχωριστό τρόπο τις νέες πληροφορίες ενώ συγκρατεί περισσότερο ορισμένες από αυτές ή τις αποβάλλει (Chen & Stanney, 1999).

Βέβαια οι μαθησιακές ικανότητες σχετίζονται άμεσα και με την ηλικία, η οποία επηρεάζει τις ανθρώπινες αισθήσεις, καθώς και το μορφωτικό επίπεδο. Διότι για ένα χρήστη με ορισμένες προϋπάρχουσες γνώσεις που εξασκεί συχνά το μυαλό του, η

διαδικασία εκμάθησης ενός νέου συστήματος είναι μια πιο εύκολη διαδικασία, ακόμα και σε περίπτωση που είναι σε προχωρημένη ηλικία.

4.1.5 Η εμπειρία του χρήστη με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές

Η εμπειρία του χρήστη με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές επηρεάζει αναμφισβήτητα την συμπεριφορά και την απόδοσή του στα εικονικά περιβάλλοντα (Bay & Ziefle, 2008). Οι χρήστες που αναφέρουν ότι χρησιμοποιούν γενικά υπολογιστή, ανεξάρτητα από την χρήση και το σκοπό που τον χειρίζονται, παρουσιάζουν σημαντική διαφορά στον τομέα της πλοήγησης, σε σχέση με εκείνους που δεν χρησιμοποιούν.
Έπειτα πρέπει να αναφερθεί πως η ευρύτερη χρήση ηλεκτρονικών συσκευών όπως κινητά τηλέφωνα, GPS κ.α. συμβάλλουν στην βελτίωση της απόδοσης του χρήστη και τον προετοιμάζουν έμμεσα για παρόμοια περιβάλλοντα (Bay & Ziefle, 2008).
Σε γενικές γραμμές η εξοικείωση με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, η γνώση της χρήσης του διαδικτύου, η προσωπική μόρφωση και η εμπειρία με εικονικά περιβάλλοντα είναι παράγοντες που επηρεάζουν την πλοήγηση του χρήστη και βελτιώνουν την απόδοσή του (Modjeska & Chignell, 2003; M. Sjolinder et al., 2005).

4.1.6 Η εμπειρία του χρήστη με εικονικά περιβάλλοντα

Η έλλειψη της εμπειρίας του χρήστη με άλλα εικονικά περιβάλλοντα αποτελεί αρνητικό στοιχείο για την αποτελεσματική απόδοσή του και αποτελεί ένα μεγάλο εμπόδιο για την ανάπτυξη ενός γνωστικού χάρτη (R. Ruddle et al., 1998; Chen & Stanney, 1999). Έρευνες επιβεβαιώνουν ότι έστω και μια μικρή επαφή με οποιοδήποτε εικονικό περιβάλλον (όπως ένα ηλεκτρονικό παιχνίδι), έχει θετική

επίδραση στην απόδοση πλοήγησης του χρήστη (Arns & Cruz-Neira, 2004).

Η εμπειρία του χρήστη με εικονικά περιβάλλοντα δεν σχετίζεται τόσο με την αποδοτικότητά του, όσο με το χρόνο εξοικείωσής του με το σύστημα. Είναι πολύ σημαντικό να καταλάβει τον τρόπο που λειτουργεί μια εφαρμογή και να συνδυάσει τις παραμέτρους της. Μόλις ο χρήστης αντιληφθεί τη λειτουργία του συστήματος μπορεί να κινηθεί με μεγαλύτερη άνεση.

Η εμπειρία με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και ακόμα περισσότερο με περιβάλλοντα παραγόμενα από υπολογιστή, βοηθούν το χρήστη να καταλάβει τη σχεδιαστική λογική και λειτουργία του συγκεκριμένου συστήματος. Τα περισσότερα εικονικά περιβάλλοντα έχουν κοινά στοιχεία και ο τρόπος πλοήγησης του χρήστη είναι παρόμοιος. Συνεπώς οι χρήστες με προηγούμενη επαφή με εικονικά περιβάλλοντα καταναλώνουν λιγότερο χρόνο για την ολοκλήρωση μιας ενέργειας, η οποία οφείλεται στην συμβατότητα που τηρείται μεταξύ των εφαρμογών (M. Sjolinder et al., 2005).

Έπειτα παρατηρείται πως οι χρήστες με προηγούμενη εμπειρία πλοήγησης σε εικονικά περιβάλλοντα είναι ικανοποιημένοι από την ευχρηστία του συστήματος σε σχέση με εκείνους που αλληλεπιδρούν πρώτη φορά με κάποιο (A. Sebok et al., 2004).

4.1.7 Το μορφωτικό επίπεδο του χρήστη

Το μορφωτικό επίπεδο παίζει μεγάλο ρόλο στην απόδοση πλοήγησης του χρήστη, χωρίς όμως να είναι πρωταρχικός παράγοντας που επηρεάζει την πλοήγηση. Ένα καλό ή υψηλό μορφωτικό επίπεδο συνδέεται με γνώσεις, συνήθως σχετικές με την τεχνολογία και τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Το γεγονός αυτό καθιστά πιο εύκολη την διαδικασία κατανόησης και λειτουργίας του εικονικού περιβάλλοντος. Στην περίπτωση που το μορφωτικό επίπεδο είναι χαμηλό, ο χρήστης αναγκαστικά είναι αντιμέτωπος με επιμέρους

προβλήματα. Εκτός από τα πιθανά προβλήματα πλοήγησης ενός νέου εικονικού περιβάλλοντος, χρειάζεται πρώτα να εξοικειωθεί με τη λειτουργία του ηλεκτρονικού υπολογιστή.
Από την άλλη πλευρά το μορφωτικό επίπεδο του χρήστη ακόμα κι αν είναι υψηλό δεν εξασφαλίζει την επιτυχή απόδοση πλοήγησης ούτε συνδέεται απαραίτητα με γνώσεις ηλεκτρονικού υπολογιστή. Έπειτα το μορφωτικό επίπεδο σε συνδυασμό με επιμέρους χαρακτηριστικά του χρήστη (όπως ηλικία, φύλο, προσωπικότητα κ.α.) είναι δυνατόν να επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό την απόδοση πλοήγησης.

4.1.8 Προσωπικότητα

Η προσωπικότητα είναι ένα χαρακτηριστικό του χρήστη που συνθέτεται από τα ψυχικά και τα πνευματικά στοιχεία ενός ατόμου (Stanney et al., 1998). Το κίνητρο που θέτει ο χρήστης στον εαυτό του καθώς και οι προσωπικοί στόχοι σχετικά με την απόδοση πλοήγησης ενός εικονικού περιβάλλοντος είναι στοιχεία που απορρέουν από την προσωπικότητά του. Επιπρόσθετα στοιχεία αποτελούν τα συναισθήματα του χρήστη (όπως άγχος, ανησυχία κ.α.) που δημιουργούνται κατά την πλοήγηση και επηρεάζουν τη συμπεριφορά του.

4.1.8.1 Κίνητρα και προσωπικοί στόχοι (Motivation)

Ο στόχος που θέτει ο χρήστης στον εαυτό του σχετικά με το προσωπικό όφελος που έχει από το εικονικό περιβάλλον, αποτελεί ένα στοιχείο που ενισχύει την απόδοση της πλοήγησής του. Ένα ισχυρό κίνητρο πλοήγησης ωθεί το χρήστη να καταβάλλει μεγάλη προσπάθεια, έτσι ώστε να εκπληρώσει όλους τους σκοπούς πλοήγησης στο εικονικό περιβάλλον (Chen & Stanney, 1999). Ο χρήστης που τρέφει μεγάλο ενδιαφέρον για ένα περιβάλλον και πρόκειται να αποκομίσει γνώση, αξιοποιεί κατάλληλα όλες τις

πληροφορίες που προσφέρονται για την επιλογή της σωστής διαδρομής.

Παραδειγματικά αναφέρονται οι χρήστες που χρησιμοποιούν περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας για την εξυπηρέτηση συγκεκριμένου σκοπού (π.χ. εξάσκηση για το επάγγελμά τους) όπως μαθητευόμενοι πιλότοι ή γιατροί, έχουν ισχυρό κίνητρο απόδοσης διότι ταυτίζουν την 'εικονική' συμπεριφορά με την πραγματική. Ακόμα και οι ασθενείς που προσπαθούν να ξεπεράσουν τις φοβίες τους, χρησιμοποιώντας συστήματα εικονικής πραγματικότητας, παρουσιάζουν υψηλή απόδοση πλοήγησης. Η επιθυμία να απαλλαχτούν από συναισθήματα που προκαλούν φοβίες, ενισχύει το προσωπικό τους κίνητρο για επιτυχή απόδοση πλοήγησης.

Από την άλλη πλευρά το κίνητρο του χρήστη ενισχύεται και με άλλους τρόπους. Πολλές φορές ένα εικονικό σύστημα (που ήδη χρησιμοποιείται ή βρίσκεται σε πειραματικό στάδιο), επιβραβεύει με κάποιο τρόπο το χρήστη (π.χ. με βαθμούς) όταν ο ίδιος ολοκληρώνει ένα στόχο πλοήγησης (R. Pak et al., 2008).

4.1.8.2 Συναισθήματα

Σε ορισμένες περιπτώσεις ο χρήστης αναπτύσσει συναισθήματα κατά την διάρκεια της πλοήγησης, τα οποία οφείλονται σε ψυχολογικούς παράγοντες. Η ανησυχία εύρεσης διαδρομής (wayfinding anxiety) αποτελεί ένα πολύ συνηθισμένο φαινόμενο (Lawton & Kallai, 2002).

Τα μεγάλα και σύνθετα εικονικά περιβάλλοντα, συχνά δημιουργούν άγχος, σύγχυση και αβεβαιότητα στο χρήστη. Το γεγονός αυτό εμφανίζεται και στον πραγματικό κόσμο. Παραδειγματικά αναφέρεται πως οι κάτοικοι των μικρών πόλεων νιώθουν άγχος και ανασφάλεια όταν βρεθούν σε ένα μεγάλη πόλη/περιβάλλον. Παρόμοια είναι και η συμπεριφορά των ανθρώπων που ζουν σε μια πυκνοκατοικημένη και μεγάλης έκτασης περιοχή. Οι ίδιοι όταν βρεθούν σε ένα περιβάλλον μικρής κλίμακας (όπως ένα χωριό) είναι σίγουροι και ασφαλείς όσον

αφορά τον προσανατολισμό και την εύρεση της διαδρομής τους (Lawton & Kallai, 2002).

Το άγχος, η αβεβαιότητα, η ανασφάλεια, η ανυπομονησία και η ψυχολογική πίεση είναι συναισθήματα που συχνά δημιουργούνται στους χρήστες όταν εξερευνούν ένα εικονικό περιβάλλον και έχουν αρνητική επίδραση στην απόδοση της πλοήγησής τους (Lawton & Kallai, 2002). Τα συναισθήματα είναι διαφορετικά σε κάθε χρήστη και σχετίζονται άμεσα με το φύλο του χρήστη. Έπειτα συναισθήματα όπως η χωρική ανησυχία (spatial anxiety) σε συνδυασμό με τον περιορισμό του χρόνου, εμφανίζονται περισσότερο στις γυναίκες σε αυξημένα επίπεδα (L. Castelli et al., 2008). Οι Lawton & Kallai (2002) υποστηρίζουν ότι οι γυναίκες από τη φύση τους είναι αγχώδεις και διστακτικοί χαρακτήρες σχετικά με μια μετακίνηση.

Επίσης τα συναισθήματα του φόβου και της ασφάλειας, τα οποία απορρέουν από το περιβάλλον του πραγματικού κόσμου, σχετίζονται με την εθνικότητα και την κουλτούρα του εκάστοτε χρήστη (Lawton & Kallai, 2002). Η διαπίστωση αυτή προκύπτει από τους χρήστες που στην πραγματική ζωή είναι κάτοικοι μεγάλων πόλεων με αυξημένη εγκληματικότητα. Σε τέτοιες κοινωνίες οι κάτοικοι προκαθορίζουν κάθε μετακίνηση με βάση τις ασφαλείς διαδρομές της πόλης, ακόμα και αν είναι μεγαλύτερες, αποφεύγοντας οποιαδήποτε κακόφημη περιοχή.

4.2 Συμπεράσματα

Το κάθε χαρακτηριστικό επηρεάζει διαφορετικά το χρήστη και τις αντιδράσεις του στην πλοήγηση. Όσον αφορά το φύλο του χρήστη προκύπτει πως οι άντρες ανταποκρίνονται αποτελεσματικότερα στα εικονικά περιβάλλοντα και γενικά σε θέματα που αφορούν την τεχνολογία. Επίσης εμφανίζουν πιο έντονα την ικανότητα προσανατολισμού, είναι παρατηρητικοί και διαχειρίζονται όλες τις πληροφορίες που δέχονται από το περιβάλλον. Από την άλλη πλευρά

οι γυναίκες είναι περισσότερο οργανωτικές και ακολουθούν πιστά τις οδηγίες που τους δίδονται. Ταυτόχρονα επηρεάζονται έντονα από παράγοντες όπως άγχος, αβεβαιότητα, ανησυχία για την σωστή εύρεσης διαδρομής κ.α., οι οποίοι έχουν αρνητική επίδραση στην πλοήγησή τους. Τέλος προκύπτει πως τα δύο φύλα χρησιμοποιούν διαφορετικές στρατηγικές πλοήγησης (Parush & Berman, 2004).

Οι άντρες προτιμούν τη στρατηγική διαδρομής (route strategy) ενώ οι γυναίκες προτιμούν τη χαρτογραφημένη στρατηγική (survey strategy), (L. Castelli et al., 2008).

Έπειτα η ηλικία παίζει εξίσου σημαντικό ρόλο. Παρατηρείται πως οι νεαροί χρήστες σημειώνουν υψηλή απόδοση πλοήγησης διότι εξοικειώνονται από μικρή ηλικία με την τεχνολογία (κινητά τηλέφωνα, υπολογιστές, GPS κ.α.) και με διαδικτυακά τρισδιάστατα παιχνίδια. Βέβαια η νεαρή ηλικία δεν εξασφαλίζει την επιτυχή πλοήγηση του χρήστη. Από την άλλη πλευρά οι ηλικιωμένοι χρήστες (πάνω από 55-60 ετών) δυσκολεύονται στην εκμάθηση μιας εικονικής εφαρμογής και χρειάζονται χρόνο και εξάσκηση για την αφομοίωση μιας ενέργειας. Επίσης η εξασθένιση ορισμένων αισθήσεων (π.χ. μνήμη, όραση) τους δυσκολεύει στην απομνημόνευση διαδρομών και στην εκτίμηση αποστάσεων. Μια πρόταση είναι η πλοήγηση να γίνεται με τη χρήση φωνητικής εντολής για τη συγκεκριμένη ομάδα χρηστών. Επιπρόσθετα ο παράγοντας ηλικία (καθώς και οι αρχάριοι χρήστες) καλό θα ήταν να θεωρείται βασικό στοιχείο κατά την σχεδιαστική διαδικασία και εξέλιξη ενός συστήματος (H. Sayers, 2004).

Μεγάλη σημασία έχουν επίσης οι γνωστικές ικανότητες του χρήστη όπως η μνήμη, η προσοχή, η σκέψη, η οπτική αντίληψη και η ικανότητα επίλυσης προβλημάτων. Με αυτά ο χρήστης διαχειρίζεται τις πληροφορίες που λαμβάνει από το περιβάλλον και τις αξιοποιεί κατάλληλα, έτσι ώστε επιτύχει το σκοπό πλοήγησης με όσο το δυνατόν λιγότερες δυσκολίες.

Σπουδαιότατο ρόλο στην πλοήγηση έχει και η εμπειρία του χρήστη με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και κατ' επέκταση με τα εικονικά περιβάλλοντα.

Ο προσανατολισμός, η εύρεση μονοπατιού και η ανάπτυξη γνωστικού χάρτη αποτελούν κομμάτια της καθημερινής ζωής του ανθρώπου. Στον πραγματικό κόσμο ο άνθρωπος πλοηγείται αποτελεσματικότερα σε σχέση με τον εικονικό διότι η μετακίνησή του εξαρτάται από λιγότερους παράγοντες. Επίσης στον πραγματικό κόσμο χρησιμοποιεί όλες του τις αισθήσεις για να προσανατολιστεί και να επιλέξει μια διαδρομή. Με άλλα λόγια το τεχνολογικό κομμάτι της πλοήγησης του εικονικού περιβάλλοντος είναι η αφετηρία για αρκετές από τις δυσκολίες που αντιμετωπίζει. Η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή απαιτεί ορισμένες επιδεξιότητες οι οποίες δεν αποτελούν εμπόδιο για την πλοήγηση στον πραγματικό κόσμο. Στα εικονικά περιβάλλοντα όμως η εμπειρία με τεχνολογικά μέσα αποδεικνύεται ιδιαίτερα ευεργετική. Η εξάσκηση σε ένα εικονικό περιβάλλον είναι ιδιαίτερα χρήσιμη πριν την κανονική χρήση του για όλες τις ομάδες χρηστών, όμως αρκετοί χρήστες δεν είναι πρόθυμοι να διαθέσουν χρόνο για την εξοικείωση αυτή με το σύστημα.

Η εξοικείωση με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή σχετίζεται και με το μορφωτικό επίπεδο, το οποίο συμβάλλει στην απόδοση πλοήγησης του χρήστη, χωρίς όμως να είναι πρωταρχικός παράγοντας που την επηρεάζει. Το μορφωτικό επίπεδο στη σημερινή εποχή συνδέεται με γνώσεις σχετικές με την τεχνολογία, οι οποίες στην περίπτωση που απουσιάζουν αποτελούν επιπρόσθετο πρόβλημα για την πλοήγηση στα επιτραπέζια εικονικά περιβάλλοντα. Τέλος η προσωπικότητα του χρήστη συνδέεται με τα ψυχικά και τα πνευματικά του στοιχεία, από τα οποία απορρέουν τα κίνητρα και τα συναισθήματα που εκδηλώνει κατά την διάρκεια της πλοήγησης. Το υψηλό κίνητρο του χρήστη αυξάνει την απόδοση πλοήγησης και συνδέεται με αποφασιστικούς και δυναμικούς χαρακτήρες. Το εικονικό περιβάλλον καλό είναι να

είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να διατηρεί το ενδιαφέρον και να ενισχύει το κίνητρο του χρήστη.

Τα αρνητικά συναισθήματα οφείλονται σε ψυχολογικούς παράγοντες και έχουν μεγάλο αντίκτυπο στη συμπεριφορά του χρήστη. Παράλληλα απορρέουν από το περιβάλλον του πραγματικού κόσμου και σχετίζονται με την εθνικότητα και την κουλτούρα του εκάστοτε χρήστη (κάτοικος μεγαλούπολης ή χωριού). Η ανησυχία εύρεσης διαδρομής (wayfinding anxiety) αποτελεί ένα πολύ συνηθισμένο φαινόμενο στα εικονικά περιβάλλοντα και σχετίζεται άμεσα με το φύλο του χρήστη. Εμφανίζεται περισσότερο στις γυναίκες και σε συνδυασμό με τον περιορισμό του χρόνου εκτινάσσεται σε αυξημένα επίπεδα, αποκλείοντας την αποτελεσματική πλοήγηση.

Γενικότερα οι πραγματικές συνήθειες του χρήστη στα θέματα του προσανατολισμού και της μετακίνησης εφαρμόζονται μηχανικά και στην πλοήγηση ενός επιτραπέζιου εικονικού περιβάλλοντος, χωρίς αυτό να ισχύει απαραίτητα. Έπειτα οι χρήστες μεταφέρουν τα αρνητικά τους συναισθήματα και τη πίεση που βιώνουν από την καθημερινή ζωή στο εικονικό περιβάλλον, προσπαθώντας να ανταποκριθούν στα καθήκοντα πλοήγησης, ξεχνώντας ότι πρόκειται για ένα φανταστικό κόσμο.

5. Προβλήματα πλοήγησης στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας

Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής θεωρείται ο πλέον οικονομικός και εύκολος τρόπος για τις εφαρμογές της τεχνολογίας της εικονικής πραγματικότητας. Παρόλα αυτά η διαδικασία της πλοήγησης συχνά κρίνεται δύσκολη από τους χρήστες της. Τα όρια της οθόνης του υπολογιστή και η έλλειψη της υποστήριξης του χρήστη με κατάλληλα βοηθήματα πλοήγησης δεν διευκολύνουν την πλοήγηση. Τα προβλήματα που δημιουργούνται οφείλονται σε διάφορους παράγοντες που αφορούν αφενός τα χαρακτηριστικά του χρήστη και αφετέρου τις σχεδιαστικές ελλείψεις της διεπαφής και του συστήματος.
Τα πιο σημαντικά θέματα που παρατηρούνται είναι η άγνοια της θέσης του χρήστη (getting lost) μέσα στο εικονικό περιβάλλον και η διατήρηση του προσανατολισμού του (orientation). Τα προβλήματα αυτά είναι αλληλένδετα και οφείλονται σε παρόμοιες αιτίες.

5.1 Αποπροσανατολισμός (Disorientation)

Ο αποπροσανατολισμός αναφέρεται στην γνωστική ανικανότητα του χρήστη υπό την έννοια ότι χάνει τις αισθήσεις του χρόνου, της κατεύθυνσης και της αναγνώρισης. Το συγκεκριμένο πρόβλημα είναι το πιο συνηθισμένο φαινόμενο που παρατηρείται στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας. Ένας αρχάριος χρήστης μέσα σε ένα άγνωστο εικονικό περιβάλλον, συχνά αγνοεί τη θέση που βρίσκεται και χάνεται. Επίσης οι αστροναύτες και οι πιλότοι που κινούνται σε χώρους με πολύπλοκη αρχιτεκτονική, παρουσιάζουν προβλήματα χωρικού αποπροσανατολισμού (spatial disorientation), (H. Aoki et al., 2008). Ο αποπροσανατολισμός οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, οι οποίοι ταξινομούνται ως εξής:

5.1.1 Σε λειτουργίες ή ελλείψεις της διεπαφής (User interface)

Πολλές φορές η διεπαφή του χρήστη περιλαμβάνει δυνατότητες που έχουν αντίστροφα αποτελέσματα από τα προβλεπόμενα. Συγκεκριμένα ο αποπροσανατολισμός προκαλείται:

1. Όταν η κίνηση δεν ελέγχεται από το χρήστη. Συχνά η προκαθορισμένη ταχύτητα της κίνησης είναι πολύ γρήγορη και δεν υποστηρίζεται με κάποιο τρόπο ο έλεγχος της με αποτέλεσμα ο χρήστης να μην αντιλαμβάνεται τη θέση του στο χώρο (Mohageg et al., 1996). Βέβαια η γρήγορη ταχύτητα μειώνει το χρόνο και την προσπάθεια που καταναλώνει ο χρήστης, ιδιαίτερα σε τρισδιάστατα σκηνικά μεγάλης κλίμακας, αλλά δυστυχώς ευθύνεται για τον αποπροσανατολισμό του χρήστη. Συνεπώς η ταχύτητα καλό είναι να προσαρμόζεται ανάλογα με το μέγεθος του εικονικού σκηνικού και να ελέγχεται απευθείας από το χρήστη (A. Sebok et al., 2004, Sayers et al., 2004).
2. Στην έλλειψη ορίων. Οι τρόποι πλοήγησης (modes) που παρέχει η διεπαφή (π.χ. 'walking', 'flying') είναι δυνατόν να οδηγήσουν το χρήστη σε αποπροσανατολισμό ακόμα και αν ο ίδιος χρησιμοποιεί το περπάτημα ('walking') ως επιλεγμένη κατάσταση πλοήγησης. Αυτό συμβαίνει διότι η διαδρομή που ακολουθεί δεν συγκρατείται πάντα μέσα σε όρια (Sayers et al., 2000).
3. Όταν η κίνηση γίνεται πολύ κοντά στα εικονικά αντικείμενα ή ενδιάμεσα από αυτά. Αυτό συμβαίνει κυρίως όταν η ταχύτητα της κίνησης είναι πολύ γρήγορη και δεν ελέγχεται με κάποιο τρόπο από το χρήστη (Mohageg et al., 1996; Smith & Marsh 2004). Από την άλλη πλευρά πολλές ευθύνεται ο χρήστης για αυτό διότι πηγαίνει πολύ κοντά σε εικονικά αντικείμενα για να τα εξερευνήσει όταν τα θεωρεί ενδιαφέροντα.

4. Στην έλλειψη της επιλογής της τηλε-μεταφορά (teleporting). Η συγκεκριμένη δυνατότητα διευκολύνει την μεταφορά του χρήστη όμως δημιουργεί προβλήματα αποπροσανατολισμού. Αυτό συμβαίνει διότι ο χρήστης δεν απομνημονεύει τη διαδρομή για τον προσδοκώμενο προορισμό και δεν αναπτύσσει ένα γνωστικό χάρτη για το εικονικό περιβάλλον (Sayers et al., 2000). Το ίδιο πρόβλημα παρουσιάζεται στην περίπτωση που ο χρήστης έχει στη διάθεση του τη δυνατότητα του 'flying mode' και μπορεί να πετάξει πάνω από το εικονικό περιβάλλον βλέποντάς το σε πανοραμική άποψη (bird eye's view).
5. Στην κίνηση της περιστροφής (rotation). Επίσης η περιστροφή στον εικονικό κόσμο είναι μια επιπλέον ενέργεια που ακόμα και εάν δείχνει απλή, ουσιαστικά δεν είναι. Στον πραγματικό κόσμο ο χρήστης όταν χρειάζεται να στρίψει το σώμα του αντιλαμβάνεται περίπου πόσες μοίρες στρίβει (rotate). Στο εικονικό περιβάλλον δεν γνωρίζει ακριβώς αν έστριψε 180 ή 360 μοίρες και ιδιαίτερα αν την ίδια στιγμή που στρίβει κοιτάζει πάνω ή κάτω (Murray et al., 2000).
6. Στην έλλειψη περιορισμών του χρήστη. Σε πολλά εικονικά περιβάλλοντα δεν υπάρχουν περιορισμοί σχετικά με την κίνηση του χρήστη. Η απουσία των περιορισμών αφενός δίδει μια αίσθηση ελευθερίας στο χρήστη και αφετέρου προκαλεί σύγχυση μεταξύ των δύο κόσμων. Ο εικονικός κόσμος καλό είναι να θέτει κανόνες ακόμα κι αν αυτοί δεν είναι οι ίδιοι με εκείνους της πραγματικότητας. Οι περιορισμοί βάζουν σε όρια την κίνηση του χρήστη, η οποία καλό είναι να συγκρατείται και να ελέγχεται. Παράλληλα ο χρήστης είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει στον εικονικό κόσμο τις στρατηγικές πλοήγησης που χρησιμοποιεί στην πραγματικότητα, εφόσον το ίδιο το περιβάλλον έχει παρόμοια στοιχεία.

7. Στην έλλειψη της υποστήριξης του χρήστη με κατάλληλα βοηθήματα πλοήγησης.

5.1.2 Σε σχεδιαστικές ελλείψεις της μοντελοποίησης του περιβάλλοντος

1. Στην απουσία ορόσημων (landmarks). Τα ορόσημα υποδεικνύουν στο χρήστη τη θέση του (position) και τον προσανατολισμό του και παράλληλα συμβάλλουν στην απόκτηση της χωρικής γνώσης (spatial knowledge), (N. Vinson, 1999). Η χρήση οροσήμων τέτοιων ώστε να είναι αναγνωρίσιμα από το χρήστη, συνδέονται με την απομνημόνευση εναλλακτικών διαδρομών μέσα στο εικονικό περιβάλλον και βελτιώνουν την απόδοση της πλοήγησης (Darken & Sibert, 1996; Sayers, 2004; Ruddle et al., 1997).
2. Η σχεδιαστική λεπτομέρεια και η ποιότητα της φωτορεαλιστικής απεικόνισης του εικονικού περιβάλλοντος προκαλούν συχνά το αποπροσανατολισμό του χρήστη. Αφενός θεωρείται αδύνατη η αποτύπωση του πραγματικού κόσμου σε ψηφιακή μορφή και αφετέρου μια εφαρμογή με υπερβολική ανάλυση θα αποτελούνταν από μεγάλο όγκο δεδομένων (Ruddle & Lessels, 2009). Η κακή ποιότητα της φωτορεαλιστικής απεικόνισης (rendering) ενός αντικειμένου ή ολόκληρου του εικονικού περιβάλλοντος δημιουργεί σύγχυση στο χρήστη, ο οποίος αδυνατεί να αναγνωρίσει αντικείμενα και χώρους (Elvins et al., 2001). Στη συγκεκριμένη περίπτωση ο χρήστης καταναλώνει χρόνο για να την αναγνώριση οροσήμων και εικονικών αντικειμένων, με αποτέλεσμα την απόσπαση της προσοχής του και τη μείωση του προσωπικού του κίνητρου για ολοκλήρωση του σκοπού πλοήγησης. Σε έρευνα των D. Waller et al. (2004) προκύπτει πως οι χρήστες που περιηγούνται σε ένα επιτραπέζιο εικονικό περιβάλλον πλούσιο σε οπτικά

ερεθίσματα (εικόνες), παρουσιάζουν βελτίωση στην απόδοση πλοήγησης. Η λεπτομερής αποτύπωση του εικονικού κτιρίου διευκολύνει σημαντικά την πλοήγηση του χρήστη διότι περιλαμβάνει πολλά ορόσημα (landmarks), είτε τοπικά είτε γενικά, που λειτουργούν ως σημεία αναφοράς και ενισχύουν την ικανότητα προσανατολισμού. Γενικότερα υποστηρίζεται πως η φωτορεαλιστική προσομοίωση υψηλής ποιότητας αναδεικνύει τα χαρακτηριστικά του εικονικού περιβάλλοντος βελτιώνοντας την απόδοση πλοήγησης του χρήστη, χωρίς το γεγονός αυτό να αποτελεί κανόνα (D. Waller et al., 2004; Durlach et al., 2000). Αντίθετα η δημιουργία εικονικών κτιρίων με μεγάλη σχεδιαστική λεπτομέρεια δημιουργεί εξίσου προβλήματα στο χρήστη. Η λεπτομερής σχεδίαση είναι μια χρονοβόρα διαδικασία και απαιτεί ακριβό εξοπλισμό για να υποστηριχθεί η ποιότητα της εικόνας. Η αναπαράσταση ενός εικονικού κτιρίου με λιγότερη ακρίβεια δεν περιέχει μεγάλο αριθμό σημείων αναφοράς (landmarks) με αποτέλεσμα τη δυσκολία του χρήστη στην εύρεση διαδρομής (Ruddle et al., 1998).

3. Στην παρουσία βοηθημάτων πλοήγησης που πιθανών να είναι ακατάλληλα για τις ανάγκες και τις απαιτήσεις του εικονικού περιβάλλοντος (Smith & Marsh 2004). Παραδειγματικά αναφέρεται πως η δυνατότητα πανοραμικής άποψης του χρήστη (bird’s-eye-view) ή η μικρογραφία του κόσμου (World in miniature) είναι ακατάλληλα βοηθήματα πλοήγησης για ένα εικονικό περιβάλλον μικρής κλίμακας (π.χ. ένα εικονικό σπίτι με τρία δωμάτια). Ένας ηλεκτρονικός χάρτης θα ‘ήταν αρκετός για να διευκολύνει την πλοήγηση του χρήστη στο χώρο. Παράλληλα ισχύει και το ανάποδο. Ένα εικονικό περιβάλλον μεγάλης κλίμακας χρειάζεται βοηθήματα πλοήγησης που να υποδεικνύουν ολόκληρο το χώρο στο χρήστη όπως π.χ. η μινιατούρα του κόσμου αντί για έναν ηλεκτρονικό χάρτη.

4. Η έλλειψη γνώσης της δομής κάθε ξεχωριστού εικονικού περιβάλλοντος (R. Ruddle et al., 1998). Κάθε εικονικό περιβάλλον είναι διαφορετικό ως προς τη δομή και τη μοντελοποίηση και κατ' επέκταση άγνωστο για ένα χρήστη που περιηγείται σε αυτό για πρώτη φορά. Η άγνοια του χρήστη για ένα άγνωστο χώρο προκαλεί αποπροσανατολισμό όπως ισχύει και στον πραγματικό κόσμο.
5. Η έλλειψη γνώσης της ακριβούς θέσης του χρήστη στον εικονικό χώρο (R. Ruddle et al., 1998).
6. Η περιβαλλοντική διάταξη και δομή (Environmental Layout and Structure), (Chen & Stanney, 1999). Η σύνθετη δομή ή το μέγεθος των εικονικών περιβαλλόντων δημιουργεί προβλήματα. Στη συγκεκριμένη κατηγορία η οπτική άποψη που έχει ο χρήστης δεν είναι δυνατόν αν καλύψει όλο το εικονικό περιβάλλον. Σε τέτοιες περιπτώσεις για να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά το εικονικό περιβάλλον, προϋποθέτει ότι ο χρήστης θα έχει την δυνατότητα της εύκολης μετακίνησης από το ένα σημείο στο άλλο με την υποστήριξη ορισμένων βοηθημάτων πλοήγησης (π.χ. τηλεμεταφορά, μινιατούρα του κόσμου κ.α.), (Darken and Peterson, 2002). Σε αντίθετη περίπτωση που έχει στη διάθεσή του βοηθήματα πλοήγησης που δεν είναι κατάλληλα για περιβάλλοντα μεγάλης κλίμακας (όπως ηλεκτρονικοί χάρτες, ίχνη, τρισδιάστατα βέλη κ.α.) αποπροσανατολίζεται και αδυνατεί να εκπληρώσει την αποστολή της πλοήγησής του.

Από την άλλη πλευρά έχει παρατηρηθεί πως οι χρήστες που ζουν σε μεγάλες και πολεοδομικά πολύπλοκες πόλεις, μπορούν να διαβάσουν πιο εύκολα χάρτες σύνθετων εικονικών περιβαλλόντων και συμπεριφέρονται με άνεση σε περιβάλλοντα μεγάλης κλίμακας.

Σε γενικές γραμμές όμως ισχύει πως η απόδοση του χρήστη μειώνεται όταν η πολυπλοκότητα του εικονικού περιβάλλοντος αυξάνεται.

Σε έρευνα των Ruddle et al., (1998) παρατηρήθηκε πως οι χρήστες απομνημονεύουν εύκολα τις διαδρομές σε απλά εικονικά κτίρια μικρής κλίμακας ακόμα και όταν δεν έχουν στην διάθεσή τους βοηθήματα πλοήγησης. Επίσης παρατηρείται πως όσο πιο σύνθετο είναι το περιβάλλον του εικονικού κτιρίου, οι χρήστες αποπροσανατολίζονται και αδυνατούν να επιλέξουν την σωστή διαδρομή. Από την ίδια έρευνα προέκυψε ότι η απόδοση των χρηστών αυξάνεται όταν η πλοήγηση πραγματοποιείται σε εικονικό κτίριο, το οποίο υπάρχει και στον πραγματικό κόσμο και έχουν περιηγηθεί σε αυτό (Ruddle et al., 1998). Τέλος παρατηρείται ότι οι χρήστες χρειάζονται λίγο χρόνο για την εξοικείωση με το εικονικό περιβάλλον πριν πλοηγηθούν.

5.1.3 Σε ελλείψεις του συστήματος

1. Η έλλειψη της περιφερειακής όρασης του χρήστη είναι ένα ακόμα πρόβλημα που αντιμετωπίζει στη συγκεκριμένη κατηγορία εικονικών περιβαλλόντων (Robertson et al., 1997; Peruch & Mestre, 1999; Smith & Marsh, 2004). Το πεδίο όρασης του ανθρώπου στον πραγματικό κόσμο είναι 180 μοίρες στις κατευθύνσεις δεξιά, αριστερά, πάνω και κάτω. Στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας το οπτικό πεδίο του χρήστη περιορίζεται στα όρια της οθόνης (από 60 έως 100 μοίρες) του υπολογιστή και είναι ιδιαίτερα δύσκολο να αποδοθεί η πραγματική αίσθηση. Ο συγκεκριμένος περιορισμός είναι η αιτία για αρκετά προβλήματα. Ο χρήστης υποχρεωτικά καταναλώνει περισσότερο χρόνο εκτελώντας πολλές κινήσεις προκειμένου να αντιληφθεί το χώρο γύρω του και να εντοπίσει το στόχο του. Η αύξηση του οπτικού πεδίου του χρήστη είναι μια πρόταση που ενδέχεται να βελτιώσει την απόδοση πλοήγησης.

2. Στην έλλειψη της ανατροπής του λάθους του χρήστη (error correction). Στα περισσότερα συστήματα δεν υποστηρίζεται η ανατροπή λάθους (Sayers et al., 2004). Αυτό συμβαίνει διότι στα εικονικά περιβάλλοντα πολλές ενέργειες εξελίσσονται ταυτόχρονα και δεν εξακριβώνεται με κάποιο τρόπο ποια από αυτές πρέπει να αναιρεθεί. Ο χρήστης κάνοντας μια λανθασμένη κίνηση συνήθως αναζητά τη λειτουργία της ανατροπής λάθους με τη λογική ότι περιλαμβάνεται στις περισσότερες εφαρμογές. Όταν διαπιστώνει ότι η λειτουργία δεν υπάρχει οδηγείται σε αποπροσανατολισμό γιατί δεν γνωρίζει που βρίσκεται ή παραιτείται από την προσπάθεια πλοήγησης.
3. Στην ανακρίβεια της κίνησης του χρήστη. Η ανθρώπινη κίνηση είναι μια δύσκολη διαδικασία και ακόμα δεν έχει επιτευχθεί η ακριβής της προσομοίωση. Στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας η κίνηση ελέγχεται από το ποντίκι και το πληκτρολόγιο. Η χρήση του ποντικιού ως βασική συσκευή αλληλεπίδρασης με το σύστημα έχει αξιολογηθεί ως προβληματική. Η δισδιάστατη συσκευή δεν είναι δυνατόν να προσφέρει απόλυτη ελευθερία κινήσεων στο χρήστη όπως εκείνη του πραγματικού κόσμου (E. Haik et al., 2002; Modjeska & Chignell, 2003). Επίσης η δυσχρηστία του ποντικιού αποσπά την προσοχή του χρήστη διότι ασχολείται με την συσκευή εισόδου αντί με το εικονικό περιβάλλον (E. Haik et al., 2002). Γενικότερα το ποντίκι και το πληκτρολόγιο δεν προσφέρουν απόλυτη ακρίβεια στην κίνηση του χρήστη (precise movement).
4. Ο χρόνος εξοικείωσης του χρήστη με το σύστημα. Η πρώτη επαφή του χρήστη με ένα εικονικό περιβάλλον αποτελεί μια σημαντική διαδικασία για την μετέπειτα πλοήγηση προκειμένου να περιηγηθεί με επιτυχία. Βέβαια πολλοί χρήστες δεν είναι διατεθειμένοι να αφιερώσουν χρόνο για αυτή τη διαδικασία.

Πιστεύουν ότι θα ανταπεξέλθουν αμέσως στις διεργασίες πλοήγησης (Ruddle et al., 1997).

Υποστηρίζεται και η αντίθετη άποψη πως ο χρόνος εξοικείωσης με το εικονικό περιβάλλον, αποσπά την προσοχή του χρήστη από την αποστολή της πλοήγησής τους. Το γεγονός αυτό αλλοιώνει την ποιότητα της αλληλεπίδρασης ανθρώπου – υπολογιστή σε ένα εικονικό περιβάλλον (Sadeghian et al, 2006).

5.2 Συμπεράσματα

Στα εικονικά περιβάλλοντα πιο συνηθισμένο πρόβλημα πλοήγησης είναι ο αποπροσανατολισμός του χρήστη. Το συγκεκριμένο φαινόμενο οφείλεται σε διάφορους παράγοντες.

Αρχικά προκαλείται από το ίδιο το σύστημα λόγω του περιορισμένου οπτικού πεδίου της οθόνης του υπολογιστή και των βασικών συσκευών εισόδου (ποντίκι - πληκτρολόγιο) που αδυνατούν να προσομοιώσουν την ανθρώπινη κίνηση με ακρίβεια.

Έπειτα παρατηρούνται ελλείψεις στην απεικόνιση του εικονικού περιβάλλοντος (όπως απουσία οροσήμων, υψηλός φωτορεαλισμός κ.α.) με αποτέλεσμα την ελάχιστη αποδοχή πληροφοριών και ερεθισμάτων του χρήστη ως χρήσιμα δεδομένα προσανατολισμού.

Σπουδαίο ρόλο όσον αφορά τον αποπροσανατολισμό παίζει και η διεπαφή του χρήστη, στην οποία παρατηρούνται σχεδιαστικές και λειτουργικές ελλείψεις. Η λειτουργία της διεπαφής είναι ένα πολύ βασικό κομμάτι διότι αποτελεί τον τρόπο επικοινωνίας μεταξύ του ανθρώπου - χρήστη και του υπολογιστή. Πολλά προβλήματα όσον αφορά την απόδοση της πλοήγησης του χρήστη οφείλονται σε προβλήματα ευχρηστίας που έχει αρχικά το ίδιο το σύστημα (H.M.Sayers et al., 2004). Τα εικονικά περιβάλλοντα συνήθως απαιτούν από το χρήστη ανεπτυγμένες ικανότητες πλοήγησης για αυτό πρέπει να του παρέχουν μια εύχρηστη και λειτουργική διεπαφή. Από την άλλη πλευρά οι χρήστες αλληλεπιδρώντας με ένα σύστημα

έχουν την προσδοκία να είναι εύκολο στην κατανόηση και στη χρήση (M.D.J. McNeill et al., 2002).

Έχουν προταθεί πολλές τεχνικές πλοήγησης και σχεδιαστικές προδιαγραφές για τη διεπαφή του χρήστη με σκοπό τη μείωση του αποπροσανατολισμού και την βελτίωση της απόδοσής του, οι οποίοι αναλύονται στο επόμενο κεφάλαιο.

Γενικότερα η εφαρμογή των σχεδιαστικών προδιαγραφών που έχουν προταθεί και αξιολογηθεί θετικά πρέπει να αποτελεί πρόκληση για κάθε σχεδιαστή καθώς προβλέπεται να μειώσουν τον αποπροσανατολισμό του χρήστη και να βελτιώσουν απόδοση πλοήγησης.

6. Προτάσεις για την υποστήριξη της πλοήγησης του χρήστη

Πολλοί ερευνητές έχουν προτείνει βοηθήματα πλοήγησης και τεχνικές με σκοπό τη μείωση της πιθανότητας του αποπροσανατολισμού και την βελτίωση της απόδοσης πλοήγησης του χρήστη.

Οι συγγραφείς Chen & Stanney (1999) χωρίζουν τα βοηθήματα πλοήγησης των επιτραπέζιων συστημάτων εικονικής πραγματικότητας σε πέντε κατηγορίες:

1. Εργαλεία που δείχνουν την ακριβή θέση του χρήστη.
2. Εργαλεία που υποδεικνύουν τον προσανατολισμό του χρήστη (π.χ. τρισδιάστατα βέλη).
3. Εργαλεία που δείχνουν τον περιβάλλοντα χώρο (π.χ. χάρτες).
4. Εργαλεία που καταγράφουν την κίνηση του χρήστη και χρησιμοποιούν την πληροφορία αυτή για την ενίσχυση της απόδοσής του στην πλοήγηση.
5. Συστήματα καθοδήγησης (guide navigational systems) – (You Are Here maps).

Έπειτα γλώσσες προγραμματισμού όπως η VRML (Virtual Reality Modeling Language) σχεδιάστηκαν αποκλειστικά για να καταστήσουν τα τρισδιάστατα εικονικά περιβάλλοντα, χρήσιμα στο χώρο του διαδικτύου και να συμβάλλουν στην ανάπτυξη σχεδιαστικών βοηθημάτων πλοήγησης (Abasolo & Della, 2007). Οι VRML φυλλομετρητές (browsers) επιτρέπουν την μετακίνηση σε ένα τρισδιάστατο χώρο με πολλούς τρόπους, ενώ ο σχεδιαστής συνήθως προβάλλει διάφορες οπτικές γωνίες (viewpoints) για την παρακολούθηση της σκηνής. Όμως αυτά τα χαρακτηριστικά δεν είναι αρκετά για να αποφευχθεί ο αποπροσανατολισμός του χρήστη.

Παρακάτω συγκεντρώνονται βοηθήματα και τεχνικές πλοήγησης που έχουν προταθεί και ταξινομούνται: ως προς τη μοντελοποίηση του εικονικού περιβάλλοντος, ως προς τη λειτουργία της διεπαφής και ως προς τη λειτουργία του συστήματος.

6.1 Μοντελοποίηση του εικονικού περιβάλλοντος

Η μοντελοποίηση ενός εικονικού περιβάλλοντος πρέπει να περιλαμβάνει όσα στοιχεία είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη ενός γνωστικού χάρτη. Τα στοιχεία καλό είναι να αποτελούνται από αντικείμενα του πραγματικού κόσμου για να είναι γνώριμα στο χρήστη (L. Castelli et al., 2008; Chittaro & Scagnetto, 2001). Από την άλλη πλευρά το εικονικό σκηνικό δεν πρέπει να υπερφορτώνεται με αντικείμενα και πληροφορίες διότι είναι πιθανό να μπερδέψουν το χρήστη και να εμποδίσουν την απόκτηση της χωρικής γνώσης.

6.1.1 Ορόσημα (Landmarks)

Τα ορόσημα είναι στοιχεία του εικονικού περιβάλλοντος, τα οποία αποτελούν σημεία αναφοράς για το χρήστη, όπως συμβαίνει και με τα ορόσημα του πραγματικού κόσμου. Παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην απόκτηση της χωρικής γνώσης του εικονικού σκηνικού διότι αποτυπώνονται στη μνήμη του χρήστη (Darken & Peterson, 2001; Ruddle et al., 1997).

Ορόσημα θεωρούνται κτίρια, πλατείες, σιντριβάνια, σύμβολα, λογότυπα και γενικότερα οτιδήποτε είναι δυνατόν αποτυπωθεί εύκολα στη μνήμη του χρήστη και να αποτελεί για εκείνον σαν ένα σημάδι στο εικονικό περιβάλλον. Τα ίδια βοηθούν ιδιαίτερα το χρήστη να προσανατολιστεί και στη συνέχεια συσχετίζοντάς τα, να αναγνωρίζει συγκεκριμένες διαδρομές (route or procedural knowledge), (A. Sebok et al., 2004). Τα ορόσημα που σχεδιάζονται για τα εικονικά περιβάλλοντα είναι όγκοι και αντικείμενα παρμένα από την καθημερινότητα του πραγματικού κόσμου, έτσι ώστε να είναι οικεία στα μάτια του χρήστη (L. Castelli et al., 2008; Chittaro and Scagnetto, 2001). Έπειτα τα περισσότερα ορόσημα είναι σε έντονο χρώμα έτσι ώστε να τραβούν την προσοχή του χρήστη και να αποτυπώνονται στη μνήμη του (Darken & Peterson, 2001).

Για την κατασκευή ενός ορόσημου χρειάζεται μεγάλη φαντασία έτσι ώστε το ίδιο να είναι ξεχωριστό και αξιομνημόνευτο από το χρήστη (Elvins et al., 2001). Σε ορισμένες περιπτώσεις ορόσημα θεωρούνται ο ήλιος και ο ήχος. Επίσης ο αρχιτεκτονικός ρυθμός των κτιρίων, το μέγεθός τους και τα χρώματα των τοίχων είναι στοιχεία αναγνωρίσιμα από το χρήστη.

Τα ορόσημα μοιράζονται στο χώρο είτε σε τυχαία σημεία είτε σε συγκεκριμένες θέσεις. Έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες σχετικά με την τοποθέτηση ενός οροσήμου, διότι υποστηρίζεται πως τα διαδοχικά ορόσημα (π.χ. μια σειρά δέντρων που σχηματίζουν μια καμπύλη ή μια ευθεία με ίδια κτίρια) είναι πιο αποτελεσματικά υπό την έννοια ότι μένουν στην μνήμη του χρήστη. Σε γενικές γραμμές η κατανομή των οροσήμων στον εικονικό χώρο δεν επηρεάζει ιδιαίτερα την πλοήγηση του χρήστη (Albert et al., 1999).

Τα ορόσημα συσχετίζονται μεταξύ τους και βοηθούν το χρήστη στην δημιουργία γνωστικών χαρτών (cognitive maps), τους οποίους χρησιμοποιεί για να προσανατολιστεί στο χώρο και να πλοηγηθεί με ευκολία (Elvins et al., 2001).

Οι γνωστικοί χάρτες που αναπτύσσουν οι άνθρωποι γενικά περιλαμβάνουν στοιχεία πέντε τύπων: μονοπάτια (paths), ακμές (edges), περιοχές (districts), κόμβους (nodes) και ορόσημα (landmarks), (N. Vinson, 1999).

Υπάρχουν δύο τύποι ορόσημων (L. Castelli et al., 2008; Steck & Mallot, 2000):

- τα γενικά ορόσημα (global landmarks), τα οποία είναι ορατά από οποιαδήποτε οπτική γωνία (π.χ. πύργοι ή βουνοκορφές).
- τα τοπικά ορόσημα (local landmarks), τα οποία είναι ορατά από συγκεκριμένες οπτικές γωνίες και αποστάσεις (σπίτια, αντικείμενα κ.α.)

Τα γενικά ορόσημα λαμβάνονται υπόψη κυρίως σαν πληροφορίες προσανατολισμού από το χρήστη, διότι δεν είναι δυνατόν να παραβλεφτούν λόγω μεγέθους. Τα τοπικά ορόσημα

χρησιμοποιούνται από ορισμένους χρήστες, ενώ από άλλους όχι, σύμφωνα με τους Steck & Mallot, (2000). Από την άλλη πλευρά σε έρευνα των ίδιων, προκύπτει πως τα τοπικά ορόσημα αποτυπώνονται πιο εύκολα στη μνήμη του χρήστη. Σε ένα εικονικό περιβάλλον που περιλαμβάνει και τους δύο τύπους οροσήμων η πλοήγηση γίνεται αναμφισβήτητα ευκολότερη.

Επίσης τα ορόσημα χωρίζονται στα στατικά και τα δυναμικά (εν κινήσει). Οι Cliburn et al., (2007) υποστηρίζουν πως τα δυναμικά ορόσημα αποτελούν σημαντικό βοήθημα πλοήγησης σε σχέση με τα στατικά.

Έπειτα παρατηρείται πως τα ορόσημα γίνονται αντιληπτά από το χρήστη, σε διάφορες συνθήκες φωτισμού. Παραδειγματικά αναφέρεται πως σε περιβάλλοντα που μιμούνται ένα νυχτερινό τοπίο ή την ανατολή του ήλιου, τα ορόσημα χαρακτηρίζονται από τους χρήστες το ίδιο κατατοπιστικά (Steck & Mallot, 2000).

Ένα ακόμα πλεονέκτημα που έχουν, είναι πως βελτιώνουν την απόδοση πλοήγησης του χρήστη ανεξάρτητα από το φύλο του (Steck & Mallot, 2000). Ο προσανατολισμός βάση οροσήμων είναι μια διαδικασία που εφαρμόζεται και στην πραγματικότητα από θηλυκά και αρσενικά. Συνεπώς η εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ένα στοιχείο του πραγματικού κόσμου, το οποίο είναι ιδιαίτερα οικείο στο χρήστη.

Στον πραγματικό κόσμο τα ορόσημα είναι δυνατόν να αλλάξουν θέση, να αναιρεθούν ή ακόμα να αντικατασταθούν από νέα. Στον εικονικό κόσμο η διαδικασία αυτή είναι ελέγξιμη και προσαρμόζεται καλύτερα στις ανάγκες του χρήστη. Γενικότερα τα ορόσημα παίζουν καθοριστικό ρόλο στην περιήγηση του χρήστη σε ένα περιβάλλον, είτε είναι εικονικό είτε πραγματικό.

Από την άλλη πλευρά ο υπερβολικός αριθμός οροσήμων μέσα σε ένα εικονικό περιβάλλον ενδέχεται να έχει αντίθετο αποτέλεσμα. Η υπερβολική λεπτομέρεια επιβαρύνει το σκηνικό και προκαλεί σύγχυση στο χρήστη. Βέβαια ο πραγματικός κόσμος έχει πάρα πολλά

ορόσημα και έτσι θα έπρεπε να είναι και ο εικονικός υπό την έννοια ότι αποτελεί την προσομοίωσή του. Εν κατακλείδι ένα εικονικό περιβάλλον χρειάζεται ορόσημα σε λογικά πλαίσια ή ορόσημα τα οποία ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αφαιρέσει σε περίπτωση που θεωρεί περιττά (Parush & Berman, 2004).

6.1.2 Προσωπικοί πράκτορες (Personal agents or assistant)

Οι προσωπικοί πράκτορες είναι ψηφιακά μοντέλα τα οποία ελέγχονται απευθείας από αλγόριθμους του ηλεκτρονικού υπολογιστή και προσφέρουν οδηγίες πλοήγησης στο χρήστη (Bailenson et al., 2006). Έχουν αφενός πολλά όμοια χαρακτηριστικά με τους πράκτορες που καθοδηγούν το χρήστη στον πραγματικό κόσμο και αφετέρου πολλές διαφορές μεταξύ τους (Dijk et al., 2003).

Ο εικονικός πράκτορας εμφανίζεται στο εικονικό περιβάλλον είτε με τη μορφή καρτούν, είτε με ανθρώπινη μορφή είτε με κάποιο άλλο χαρακτήρα. Η μορφή αυτή συχνά εξαρτάται από τα προσωπικά χαρακτηριστικά του χρήστη (π.χ. την ηλικία του χρήστη). Ο πράκτορας είναι ενημερωμένος σχετικά με το προφίλ του χρήστη, τις διαδρομές του, τις αποστάσεις του από εικονικά αντικείμενα κ.α.

Κάθε περιβάλλον προσφέρει ορισμένες δυνατότητες από τις οποίες ο χρήστης μπορεί να επιλέξει με ποιον τρόπο θα αλληλεπιδράσει με τον πράκτορα. Οι τρόποι αλληλεπίδρασης που προσφέρονται συνήθως είναι: με διάλογο, με το ποντίκι , το πληκτρολόγιο ή και συνδυασμούς από αυτά.

Οι εικονικοί πράκτορες ελέγχονται από το σύστημα και όχι από το χρήστη. Σε έρευνα των Murray et al., (2000) οι χρήστες έδειξαν την προτίμησή τους όσον αφορά την ενσωμάτωση εικονικών ηθοποιών στο εικονικό περιβάλλον. Υποστηρίζεται πως η ενέργεια αυτή το καθιστούσε πιο ενδιαφέρον, διότι η ύπαρξη ζωής και δραστηριότητας αποτελεί κίνητρο διερεύνησής του για τους χρήστες.

6.1.4 Τρισδιάστατα βέλη – οδηγοί

Τα βέλη - οδηγοί είναι τοποθετημένα στο έδαφος έτσι ώστε να τα βλέπει ο χρήστης όταν 'περπατάει' ή αιωρούνται στο χώρο σε περίοπτη θέση. Ο ρόλος τους είναι να υποδεικνύουν στο χρήστη το στόχο του ή τον προορισμό του (C.-H. Chen et al., 2009). Χρησιμοποιούνται από την έναρξη ή σε όλη τη διάρκεια της πλοήγησης σε περίπτωση που ο χρήστης χάσει τη διαδρομή του. Τα βέλη – οδηγοί είναι μια μέθοδος η οποία χρησιμοποιείται πολύ συχνά και στην πραγματική ζωή, κυρίως σε μεγάλους και δημόσιους χώρους όπως πάρκα κ.α.

6.1.5 Σημαδεμένες διαδρομές για προκαθορισμένους προορισμούς (Mark user - defined location)

Η συγκεκριμένη βοήθεια πλοήγησης υποδεικνύει στο χρήστη ορισμένες προκαθορισμένες διαδρομές μέσα στο εικονικό περιβάλλον, προτρέποντάς τον να ξεκινήσει την διαδικασία της πλοήγησης. Μια σημαδεμένη διαδρομή υποδεικνύεται είτε με διακεκομμένες γραμμές, είτε με μια συνεχόμενη έντονου χρώματος γραμμή, είτε με βέλη (Sayers et al. 2004). Στον πραγματικό κόσμο αυτή η μέθοδος εύρεσης μονοπατιού συναντάται σε κοινόχρηστους χώρους (π.χ. νοσοκομεία, πάρκα) και οδηγεί σε συγκεκριμένους προορισμούς (path following – Sherman & Craig, 2003).

6.1.6 Εισαγωγή χρωμάτων, υφών (textures)

Μία επιμέρους πρόταση για την υποστήριξη της πλοήγησης του χρήστη και συγκεκριμένα στην περίπτωση της αρχιτεκτονικής περιήγησης, είναι η χρήση χρωμάτων και υφών στα δομικά στοιχεία του εικονικού κτιρίου (Murray et al., 2000). Τα χρώματα και τα υλικά, έχει παρατηρηθεί πως συμβάλλουν στην απομνημόνευση πληροφοριών.

6.1.7 Χρήση ήχου για τη μεταφορά πληροφορίας

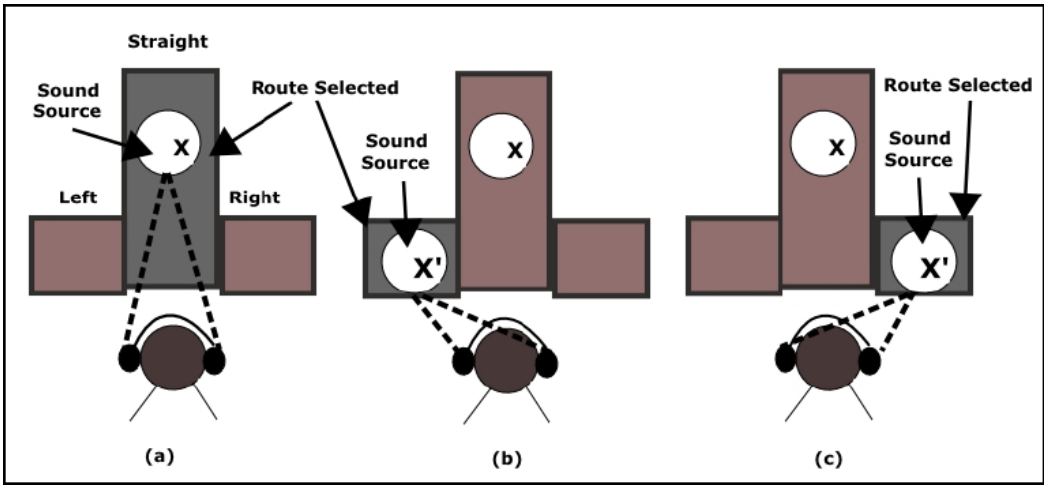
Η εισαγωγή ήχων στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας είναι ένα στοιχείο που αυξάνει την προσομοίωση του πραγματικού κόσμου (Murray et al., 2000). Ο ήχος παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην μεταφορά πληροφοριών καθώς και στην απόφαση μιας διαδρομής που επιλέγει ο χρήστης. Παρουσιάζεται είτε ως κομμάτι του εικονικού κόσμου με γνώριμους ήχους από τη φύση, είτε με τη φωνή εικονικών πρακτόρων (Sherman & Craig, 2003). Χρησιμοποιείται κυρίως για να αποδώσει το κλίμα ενός περιβάλλοντος και για να υποδηλώσει πληροφορίες για αυτό. Ήχος σε ένα εικονικό περιβάλλον μπορεί να είναι ένα γνώριμο άκουσμα από την πραγματική ζωή ή μουσική. Η μουσική έχει το πλεονέκτημα ότι καταφέρνει να επικοινωνεί με το χρήστη. Δημιουργεί συναισθήματα και μπορεί να προϊδεάσει το χρήστη για τις συνθήκες που επικρατούν σε ένα εικονικό περιβάλλον (π.χ. σε ένα παιχνίδι η μουσική γίνεται τρομακτική όταν ο χρήστης πρόκειται να αντιμετωπίσει έναν αντίπαλο). Λειτουργεί σαν προσωπικός οδηγός του χρήστη. Σε ορισμένες περιπτώσεις η μουσική υπόκρουση ακούγεται κατά την διάρκεια της πλοήγησης του χρήστη και σταματά όταν ο ίδιος έχει φτάσει στον προορισμό του.

Οι άνθρωποι αποδέχονται με πολύ φυσικό τρόπο τα ηχητικά σινιάλα και αντιλαμβάνονται την πληροφορία που μεταφέρουν, όπως ακριβώς και στην πραγματικότητα (Dodiya & Alexandrov, 2008).

Για τη συγκεκριμένη βοήθεια πλοήγησης ο χρήστης δεν χρειάζεται να καταβάλλει προσπάθεια ή να χρησιμοποιήσει τα μάτια ή τα χέρια του για να την αξιοποιήσει (Dodiya & Alexandrov, 2008).

Πολλές μελέτες περιγράφουν τεχνικές πλοήγησης, οι οποίες περιλαμβάνουν μεμονωμένο ήχο ή ήχο συνδυασμένο με ομιλία. Η αλληλεπίδραση με ομιλία χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις όπου ο χρήστης αντιμετωπίζει κινητικά προβλήματα και δεν είναι σε θέση να χειριστεί τις συσκευές εισόδου, ή όταν η πληροφορία που μεταφέρει

ένας ήχος δεν είναι προφανής στο χρήστη (Dodiya & Alexandrov, 2008).



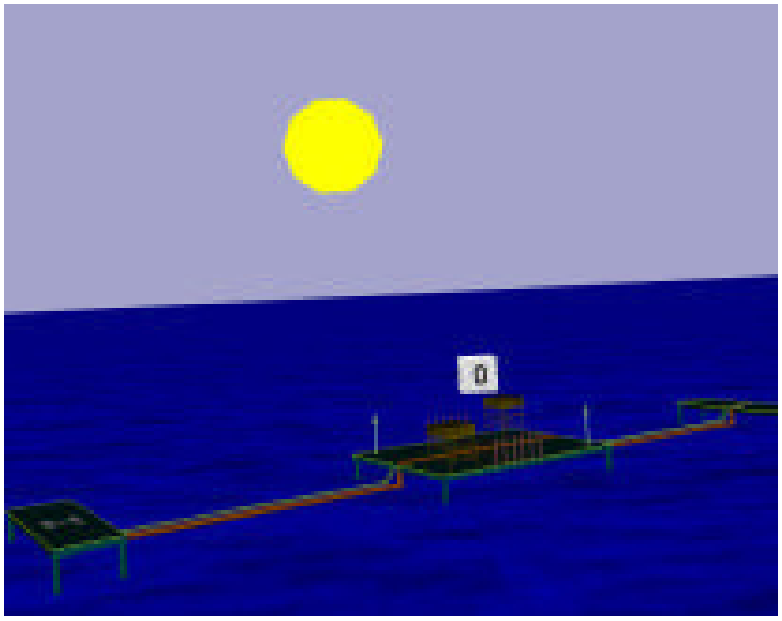
Εικόνα 7. Η πηγή του ήχου βοηθά το χρήστη να αποφασίσει τη διαδρομή που θα ακολουθήσει (Dodiya & Alexandrov, 2008).

Γενικότερα η χρήση του ήχου ενισχύει την εμπειρία της εικονικής πραγματικότητας αφού αποτελεί ένα χαρακτηριστικό του πραγματικού κόσμου. Επίσης παρέχει ακουστική ανατροφοδότηση στο χρήστη, η οποία σε συνδυασμό με την οπτική ανατροφοδότηση ενδυναμώνει την αξιοπιστία του συστήματος. Από την άλλη πλευρά μπορεί να αποσπάσει την προσοχή του χρήστη και σε ορισμένες περιπτώσεις να προκαλέσει προβλήματα στην πλοήγηση.

6.1.8 Ένταξη συνθετικού ηλίου στο εικονικό σκηνικό

Υποστηρίζεται πως το φως ενός συνθετικού ήλιου έχει θετική επίδραση στην πλοήγηση των χρηστών (Ruddle et al., 1997, Murray et al., 2000). Σε έρευνα των Darken & Sibert, (1993) διαπιστώθηκε πως η εισαγωγή συνθετικού ήλιου βελτίωσε την απόδοση πλοήγησης των χρηστών. Οι ίδιοι αποδίδουν το συγκεκριμένο αποτέλεσμα σε δύο χαρακτηριστικά του ήλιου: την σχετική κατάσταση ακινησίας του

(η φυσική κίνηση του ήλιου διακρίνεται δύσκολα) και την ορατότητά του που βοηθά το χρήστη στην εύρεση κατεύθυνσης.



Εικόνα 8. Ο συνθετικός ήλιος τοποθετείται συνήθως χαμηλά στον ορίζοντα έτσι ώστε να είναι ευκρινής στο χρήστη (Darken & Peterson, 2001).

Ο συνθετικός ήλιος θα μπορούσε να θεωρηθεί ένα ακόμα ορόσημο ως βοήθημα για την υποστήριξη της πλοήγησης του χρήστη. Από την άλλη πλευρά η εισαγωγή του σε ένα εικονικό περιβάλλον πιθανών να μη περιλαμβάνει τις ιδιότητες που τον χαρακτηρίζουν. Υπάρχουν εικονικά περιβάλλοντα τα οποία απεικονίζουν συνθήκες ημέρας (δηλ. υπάρχει πάντα ο ήλιος και φως) και περιβάλλοντα που προσομοιώνουν και συνθήκες νύχτας. Στη δεύτερη περίπτωση που ο ήλιος δύει, παύει να λειτουργεί σαν ορόσημο διότι έχει διαφορετικές ιδιότητες.

6.2 Λειτουργία της διεπαφής

Η διεπαφή του χρήστη (User Interface) καθορίζει την επικοινωνία μεταξύ του ανθρώπου και του υπολογιστή και για αυτό απαιτείται να απαρτίζεται από ορισμένα χαρακτηριστικά που την καθιστούν

εύχρηστη. Η λειτουργία μιας διεπαφής συχνά κρίνεται πολύπλοκη, δυσνόητη ή ελλιπής με αποτέλεσμα να αλλοιώνει την αλληλεπίδραση με το σύστημα και την απόδοση πλοήγησης του χρήστη. Παρακάτω καταγράφονται εργαλεία και τεχνικές που βελτιώνουν την απόδοση πλοήγησης του χρήστη.

6.2.1 Ηλεκτρονικοί χάρτες (Electronic maps)

Ένας ηλεκτρονικός χάρτης του εικονικού περιβάλλοντος μπορεί να αποτελέσει ένα ισχυρότατο εργαλείο για την πλοήγηση του χρήστη (Ruddle et al., 1997, Chittaro & Scagnetto, 2001; Darken & Peterson, 2001). Η συγκεκριμένη βοήθεια είναι οικεία στο χρήστη αφού χρησιμοποιεί συνεχώς χάρτες και στον πραγματικό κόσμο. Είναι η γραφιστική αναπαράσταση ενός χώρου και περιλαμβάνει πολλές πληροφορίες. Συνήθως υποδεικνύει την ακριβή θέση του χρήστη μέσω της μορφής μιας κάτοψης (you are here, YAH), (C.-H. Chen et al., 2009; Ruddle et al., 1998, Ruddle et al., 1997). Ορισμένοι χάρτες έχουν επιμέρους δυνατότητες, όπως η υπόδειξη οροσήμων (landmarks), έτσι ώστε ο χρήστης να αναγνωρίζει τις διαδρομές στο χώρο και να αναπτύσσει νοητικούς χάρτες για να περιηγηθεί επιτυχώς (A. Sebok et al., 2004).

Όσον αφορά τους χάρτες για τα εικονικά κτίρια, καλό είναι να αναφερθεί πως οι περισσότεροι από όσους έχουν προταθεί αναφέρονται σε έναν μόνο όροφο του κτιρίου.

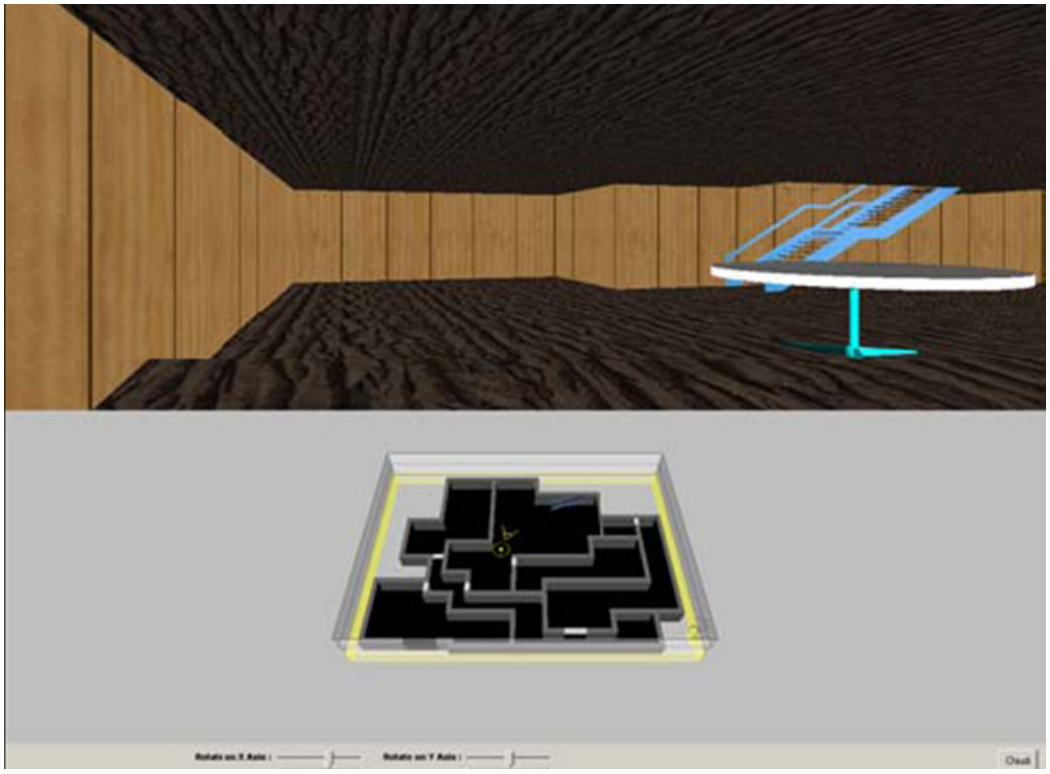
Ένα μειονέκτημα των χαρτών είναι η παρουσίαση της πληροφορίας όταν αλλάζουν κλίμακα σε μεγάλα εικονικά περιβάλλοντα (Darken & Peterson, 2001). Ο χρήστης καλείται να δημιουργήσει ένα ‘πάζλ’ στο μυαλό του με όλες τις πληροφορίες που κατάφερε να συγκρατήσει έτσι ώστε να πλοηγηθεί επιτυχώς. Σε περίπτωση που ο χρήστης δεν μπορεί να απομνημονεύσει κομμάτια του ηλεκτρονικού χάρτη που είδε νωρίτερα και να συνδέσει μεταξύ τους, τότε αποπροσανατολίζεται (Darken & Peterson, 2001). Ένα ακόμα

μειονέκτημα είναι πως οι χάρτες δεν περιλαμβάνουν τα εικονικά αντικείμενα που βρίσκονται γύρω από τη θέση που βρίσκεται ο χρήστης (Robertson et al., 1997). Τα αντικείμενα αυτά πιθανών να θεωρούνται ορόσημα για το χρήστη και να διευκολύνουν μια διαδρομή ή μπορεί να αποτελούν εμπόδιο για μια διαδρομή.

Οι Chittaro & Venkataraman (2006) προτείνουν δύο είδη χαρτών ως βοηθήματα πλοήγησης για πολλαπλούς ορόφους ενός εικονικού κτιρίου.

- Τον τρισδιάστατο χάρτη (the 3D map)

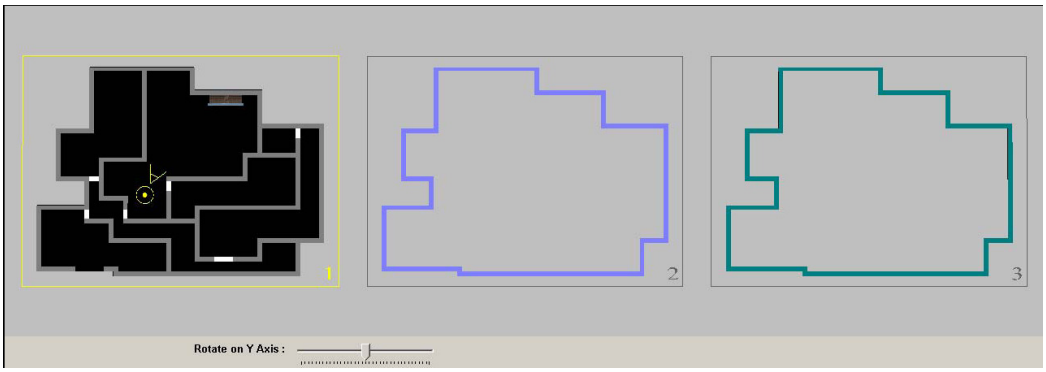
Ο τρισδιάστατος χάρτης προβάλλει στο χρήστη μια μινιατούρα του εικονικού κτιρίου. Ο χρήστης βλέπει την λεπτομερή κάτοψη του ορόφου που πλοηγείται ενώ οι άλλοι όροφοι γίνονται αντιληπτοί μόνο από το περίγραμμά τους, το οποίο προβάλλεται με μια παχιά γραμμή.



Εικόνα 9. Πλοήγηση με τον τρισδιάστατο χάρτη (Chittaro & Venkataraman, 2006).

- Τον δισδιάστατο χάρτη (the 2D map)

Ο δισδιάστατος χάρτης προβάλλει την τρέχουσα κάτοψη που βρίσκεται ο χρήστης, περιλαμβάνοντας μόνο κάθετες ευθείες του κτιρίου στη Χ και Ψ διάσταση. Ο χάρτης υποδηλώνει στο χρήστη τη θέση του και τον προσανατολισμό του στο χώρο, με τον ίδιο τρόπο όπως και ο τρισδιάστατος χάρτης.



Εικόνα 10. Πλοήγηση με τον δισδιάστατο χάρτη (Chittaro & Venkataraman, 2006).

Οι Chittaro & Venkataraman (2006) πραγματοποίησαν ένα πείραμα για να συγκρίνουν τα δύο είδη χαρτών και κατέληξαν στο συμπέρασμα πως ο δισδιάστατος χάρτης είναι πιο αποτελεσματικός, όσον αφορά την εύρεση μονοπατιού του χρήστη.

Ο ηλεκτρονικός χάρτης ως βοήθημα πλοήγησης γενικότερα βελτιώνει την απόδοση του χρήστη, όμως μπορεί να τον αποπροσανατολίσει στην περίπτωση που παρουσιαστεί υπό άλλη οπτική γωνία, περιστραφεί στα μάτια του χρήστη ή αλλάξει κλίμακα (Schlender et al., 2000; Darken & Peterson, 2001).

6.2.2 Μικρογραφία του εικονικού περιβάλλοντος (The world in miniature)

Είναι ένα εργαλείο πλοήγησης και μετακίνησης που προσφέρει στο χρήστη μια αναπαράσταση του εικονικού κόσμου σε μικρογραφία (R. Stoackley et al., 1995; Pausch et al., 1995). Το εικονικό περιβάλλον μικραίνει τόσο ώστε να χωράει στην παλάμη του χρήστη. Με αυτή

την τεχνική ο χρήστης έχει την ικανότητα να τροποποιήσει ένα στοιχείο της μικρογραφίας του εικονικού κόσμου, αλλάζοντας ταυτόχρονα όλο το εικονικό περιβάλλον. Το συγκεκριμένο εργαλείο πλοήγησης είναι χρήσιμο σε εικονικά περιβάλλοντα μεγάλης κλίμακας. Η μικρογραφία του εικονικού περιβάλλοντος έχει κοινά στοιχεία με το τρισδιάστατο χάρτη όμως διαφέρουν στα εξής σημεία:

- Ο τρισδιάστατος χάρτης χρησιμοποιείται κυρίως σε εικονικά περιβάλλοντα που απεικονίζουν κτίρια. Σε αυτή την περίπτωση παρουσιάζουν μια μινιατούρα του εικονικού κόσμου αλλά δείχνουν έναν μόνο όροφο και όχι ολόκληρο το εικονικό περιβάλλον. Οι υπόλοιποι όροφοι φαίνονται στο χάρτη όμως απλά απεικονίζονται με περιγράμματα. Αυτό συμβαίνει για να είναι ο χάρτης ευανάγνωστος.
- Ο τρισδιάστατος χάρτης συνήθως περιλαμβάνει συγκεκριμένες πληροφορίες όπως στόχους του χρήστη, τελικούς προορισμούς, ορόσημα και οτιδήποτε μπορεί να βοηθήσει το χρήστη στον προσανατολισμό του. Δεν εξυπακούεται ότι περιλαμβάνει οτιδήποτε (εικονικά αντικείμενα, εικονικούς ηθοποιούς, avatars κ.α.) υπάρχει στο εικονικό περιβάλλον όπως συμβαίνει στη μικρογραφία του κόσμου.
- Στη μικρογραφία του κόσμου ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αλλάξει ένα στοιχείο του περιβάλλοντος αλλάζοντας ταυτόχρονα όλο το εικονικό περιβάλλον. Αντίθετα ο τρισδιάστατος χάρτης προσφέρει πληροφορίες για τη διαδρομή του χρήστη χωρίς όμως να επιδέχεται αλλαγές στη σχεδίασή του.

6.2.3 Πανοραμική άποψη του εικονικού περιβάλλοντος (Bird-eye view)

Η πανοραμική άποψη είναι μια τρισδιάστατη κάτοψη του εικονικού περιβάλλοντος υποδεικνύοντας στο χρήστη την τρέχουσα θέση του

(Chittaro & Scagnetto, 2001). Σε περίπτωση που το εικονικό περιβάλλον είναι ένα κτίριο, το ταβάνι δεν εμφανίζεται έτσι ώστε ο χρήστης να βλέπει το χώρο. Η συγκεκριμένη βοήθεια είναι παρόμοια με έναν ηλεκτρονικό χάρτη με τη διαφορά ότι παρέχει περισσότερες οπτικές γωνίες του χώρου.

Εικόνα 11. Πανοραμική άποψη του εικονικού περιβάλλοντος, Bird eye's view (Chittaro & Scagnetto, 2001).

Η προβολή πανοραμικής άποψης του εικονικού περιβάλλοντος είναι χρήσιμο εργαλείο για περιβάλλοντα μικρής ή μεσαίας κλίμακας. Δεν συνίσταται για περιβάλλοντα μεγάλης κλίμακας διότι περιλαμβάνει πολλές πληροφορίες που πιθανών να μπερδέψουν το χρήστη.

6.2.4 Worldlets

Αποτελούν μία ή παραπάνω αλληλεπιδραστικές εικόνες που παρουσιάζουν τρισδιάστατα μια μικρογραφία του εικονικού κόσμου και υποδεικνύουν ένα συγκεκριμένο ορόσημο από διάφορες οπτικές γωνίες (Elvins et al., 2001). Είναι εικόνες που επιδεικνύονται εκτός

του εικονικού περιβάλλοντος. Θεωρούνται μια επέκταση της τεχνικής του 'εικονικού κόσμου σε μικρογραφία' (World in miniature). Επίσης έχουν αποδειχτεί περισσότερο αποτελεσματικά από κείμενα και δισδιάστατες εικόνες. Τα Worldlets χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- frustum worldlet

είναι τοποθετημένα και δείχνουν μια συγκεκριμένη οπτική γωνία, ολόκληρου του εικονικού κόσμου (κωνική προβολή του χώρου)

- spherical worldlet

απεικονίζουν με σφαιρική μορφή ένα κομμάτι του εικονικού κόσμου και παρέχουν πεδίο όρασης 360° μοιρών (σφαιρική άποψη του χώρου).

Εικόνα 12. Κατασκευή Worldlet – ένα βενζινάδικο υποδεικνύεται ως ορόσημου της εικονικής πόλης, από διάφορες οπτικές γωνίες (Elvins et al., 2001).

6.2.5 Εφοδιασμός του χρήστη με ειδικές ικανότητες

Μια ακόμα πρόταση είναι ο εφοδιασμός του χρήστη με ειδικές ικανότητες όπως:

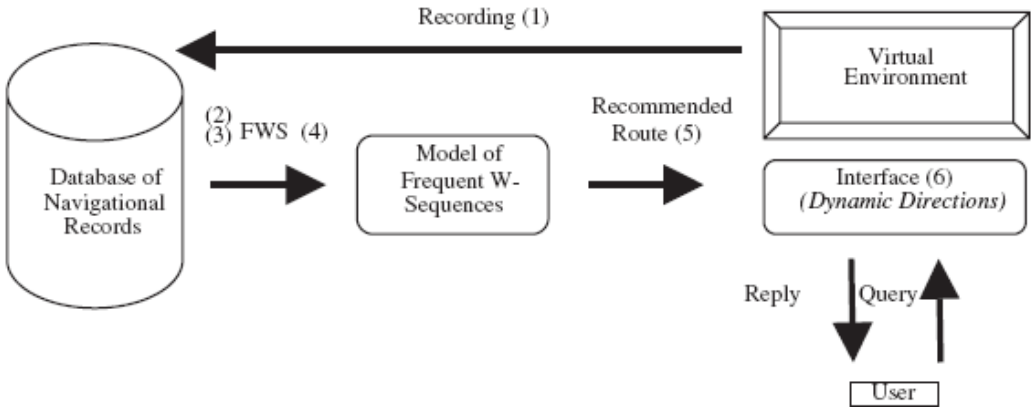
- η δυνατότητα να βλέπει μέσα από συμπαγή αντικείμενα (Chittaro and Scagnetto, 2001)
- ή να μπορεί να περνά μέσα από αυτά (Bowman et al., 1999)
- η δυνατότητα 'πετάγματος' (flying mode) πάνω από τον εικονικό χώρο

Οι ειδικές ικανότητες είναι χρήσιμες κυρίως στα περιβάλλοντα μεγάλης κλίμακας όπου ο χρήστης δεν μπορεί να δει όλο το χώρο. Βέβαια έχουν ταυτόχρονα θετική και αρνητική επίδραση στην πλοήγηση του χρήστη. Από τη μια πλευρά η μεγάλη κλίμακα του εικονικού περιβάλλοντος δεν διευκολύνει την ανάπτυξη ενός γνωστικού χάρτη και συνεπώς οι ειδικές ικανότητες ενισχύουν την πλοήγηση. Από την άλλη πλευρά ο χρήστης που εκμεταλλεύεται το πλεονέκτημα των ειδικών ικανοτήτων έχει τη δυνατότητα να βρεθεί άμεσα σε οποιοδήποτε σημείο ενδιαφέροντος, όμως ενδέχεται να αποπροσανατολιστεί διότι δεν γνωρίζει την διαδρομή που εκτέλεσε και δεν έχει αναπτύξει γνωστικό χάρτη για το εικονικό περιβάλλον (Murray et al., 2000).

6.2.6 Προτεινόμενες διαδρομές - μεθοδολογία frequent wayfinding - sequence (FWS)

Σε ένα εικονικό περιβάλλον η βέλτιστη διαδρομή έχει την έννοια που έχει και στον πραγματικό κόσμο: δηλαδή η πιο σύντομη, σε απόσταση διαδρομή (P. Sadeghian et al., 2006). Οι συγγραφείς προτείνουν την μεθοδολογία frequent wayfinding - sequence (FWS), με σκοπό τη σχεδίαση ενός βοηθήματος το οποίο θα προτείνει στο χρήστη βέλτιστες διαδρομές (preferred route). Οι διαδρομές αυτές

θα έχουν καταχωρηθεί στο σύστημα βάση της συμπεριφοράς έμπειρων χρηστών, που ήδη θα έχουν πλοηγηθεί σε αυτό.



Εικόνα 13. Μεθοδολογία frequent wayfinding – sequence (P. Sadeghian et al., 2006).

Ένα τέτοιο βοήθημα βασισμένο σε αυτήν τη μεθοδολογία έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Προωθεί την βέλτιστη διαδρομή στο χρήστη χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που έχουν καταγραφεί στο εικονικό περιβάλλον από την πλοήγηση/διαδρομή προηγούμενων έμπειρων χρηστών
- Παρέχει πληροφορίες στο χρήστη για τις 'προβληματικές' περιοχές του εικονικού περιβάλλοντος
- Η μεθοδολογία υποστηρίζει πως όλοι οι παράγοντες που συμβάλλουν στη υπόδειξη της βέλτιστης διαδρομής είναι όλοι εξίσου σημαντικοί (π.χ. η απόσταση μιας διαδρομής είναι το ίδιο σημαντική με την ποσότητα του φωτός που υπάρχει σε μια διαδρομή).

Η συνεχόμενη εύρεση διαδρομών (W-sequence) στην οποία βασίζεται η μεθοδολογία, προκύπτει από τα παρακάτω στοιχεία:

- από τα ορόσημα (landmarks) που θέτει ο χρήστης
- από τις διαδρομές/μονοπάτια (paths) που μπορεί να επιλέξει
- από τα κομβικά σημεία (nodes) τα οποία είναι η διασταύρωση δύο ή παραπάνω διαδρομών/μονοπατιών

6.2.7 Ἰχνη (Trails)

Η χάραξη μιας διαδρομής με ίχνη είναι μια μέθοδος εύρεσης διαδρομής, η οποία πάρθηκε από τον πραγματικό κόσμο όπου οι κυνηγοί ακολουθούσαν τα ίχνη των θηραμάτων τους. Σε αυτή τη μέθοδο οι διαδρομές του χρήστη αποθηκεύονται μέσα στο εικονικό περιβάλλον με τη μορφή ιχνών (Darken & Peterson, 2001). Τα ίχνη του χρήστη αποτυπώνονται στο εικονικό έδαφος με μια γραμμή, έτσι ώστε ο ίδιος να θυμάται τις διαδρομές που έχει ήδη πραγματοποιήσει (R. Ruddle, 2005). Η συγκεκριμένη τεχνική είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε εικονικά περιβάλλοντα μεγάλης κλίμακας τα οποία χρειάζονται αρκετό χρόνο για να εξερευνηθούν (Darken & Peterson, 2001). Συνήθως σε αυτά τα περιβάλλοντα ο χρήστης δεν αναγνωρίζει τις περισσότερες περιοχές που είχε βρεθεί.

Η μέθοδος αυτή είναι παρόμοια με την παραπάνω μέθοδο των σημαδεμένων διαδρομών. Διαφέρουν στο γεγονός ότι η παραπάνω βοήθεια υποδεικνύει στο χρήστη συγκεκριμένες διαδρομές του εικονικού χώρου, ενώ η συγκεκριμένη σημαδεύει διαδρομές ήδη πραγματοποίησε. Το μειονέκτημα που έχει είναι πως από ένα χρονικό σημείο και έπειτα, δημιουργείται κορεσμός από τα ίχνη (trail pollution). Ο χρήστης ουσιαστικά έχει ‘μουτζουρώσει’ το έδαφος από τις μετακινήσεις που έχει ήδη κάνει και αδυνατεί να επιστρέψει σε επιθυμητές περιοχές (R. Ruddle, 2005).

Εικόνα 14. Trail pollution (R. Ruddle, 2005).

6.2.8 Όργανο καθοδήγησης (Instrument guidance)

Το όργανο καθοδήγησης λειτουργεί όπως το παγκόσμιο σύστημα θέσης (Global Positioning System). Δείχνει την ακριβή θέση του χρήστη στο εικονικό περιβάλλον και των διαδρομών που υπάρχουν για ένα συγκεκριμένο προορισμό (R. G. Colledge., 1999).

6.2.9 Δυνατότητα επιλογής του χρήστη ανάμεσα σε πλοήγηση με *avatar* ή χωρίς

Τα avatars είναι ψηφιακά μοντέλα που αναπαριστούν ανθρώπινες φιγούρες και αντιπροσωπεύουν το χρήστη σε ένα εικονικό περιβάλλον σε πραγματικό χρόνο (Bailenson et al., 2006). Η διαφορά τους από τους εικονικούς πράκτορες είναι ότι ελέγχονται από το χρήστη. Οι Bailenson et al. (2006) υποστηρίζουν πως τα avatars αποκαλύπτουν στο χρήστη πολλές πληροφορίες του εικονικού περιβάλλοντος μέσω των εκφράσεων του προσώπου. Παράλληλα οι Amorim et al. (2000) προτείνουν να δίδεται στο

χρήστη η δυνατότητα να αλλάζει τον τρόπο πλοήγησης, χρησιμοποιώντας ένα φανταστικό χαρακτήρα (avatar) που τον αντιπροσωπεύει ή όχι. Οι ίδιοι, βασιζόμενοι σε πείραμα που πραγματοποίησαν, υποστηρίζουν πως η συγκεκριμένη δυνατότητα αποτελεί σπουδαίο προνόμιο για τον εικονικό ταξιδιώτη, διότι σε ορισμένες περιπτώσεις η χρήση ενός avatar συμβάλλει στην καλύτερη οπτική αντίληψη που έχει ο χρήστης για το εικονικό περιβάλλον.

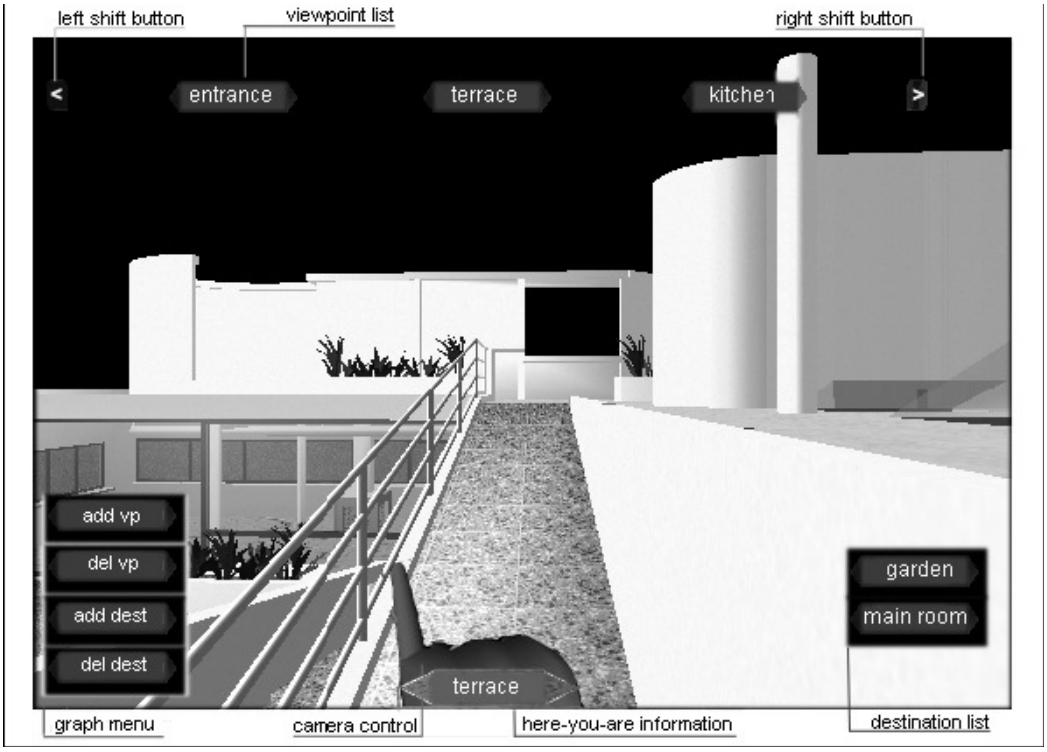
Γενικότερα υποστηρίζεται πως η αντιπροσώπευση του χρήστη από ένα φανταστικό χαρακτήρα είναι πολύ βοηθητική διότι το ανθρώπινο στοιχείο που παρουσιάζεται είναι ιδιαίτερα οικείο στοιχείο στο χρήστη και συμβάλλει στη μεταφορά πληροφοριών (M. Corbit, 2002). Εφαρμογές που περιλαμβάνουν συνήθως avatars αποτελούν τα τρισδιάστατα παιχνίδια εικονικής πραγματικότητας, στα οποία ο χρήστης αποδίδει περισσότερο όταν ελέγχει έναν τρίτο χαρακτήρα από ότι τον εαυτό του (μέσω της όρασης), (M. Corbit, 2002).

6.2.10 Magallanes

Πρόκειται για ένα πρωτότυπο που ονομάζεται Magallanes και είναι φτιαγμένο σε γλώσσα VRML. Έχει τη δυνατότητα να προστεθεί σε οποιοδήποτε νέο ή υπάρχον τρισδιάστατο VRML σκηνικό, χωρίς να το τροποποιήσει (Abasolo & Della, 2007). Ο χρήστης επιλέγει ένα προορισμό του εικονικού περιβάλλοντος και τότε το πρωτότυπο εντοπίζει την ευνοϊκότερη διαδρομή για εκείνον, ανάλογα με τη θέση που ήδη βρίσκεται. Το πρωτότυπο αναγνωρίζει τα ορόσημα του εικονικού περιβάλλοντος και τις συνδέσεις μεταξύ τους. Το πρωτότυπο παράγει αυτόματα:

- Μια εσωτερική δομή καταγεγραμμένη σε γράφημα με κόμβους, οι οποίοι παίζουν το ρόλο των οροσήμων και τόξα που αποτελούν τις συνδέσεις μεταξύ των οροσήμων.

- Μια γραφική διεπαφή του χρήστη η οποία προστίθεται στην VRML σκηνή και επιτρέπει στο χρήστη την επιλογή διαδρομών. Επίσης επιτρέπει την αλλαγή της οπτικής γωνίας του χρήστη καθώς και τη μετακίνηση της κάμερας στις κατευθύνσεις μπροστά και πίσω.
- Ένα ευνοϊκό μονοπάτι για μια επιθυμητή διαδρομή καθώς και την κίνηση της οπτικής γωνίας της κάμερας (animation of the camera viewpoint), από την τρέχουσα θέση ενός χαρακτήρα (avatar).



Εικόνα 15. Magallanes graphical user interface (Abasolo & Della, 2007).

Το πρωτότυπο Magallanes είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για άτομα που αντιμετωπίζουν κινητικά προβλήματα και γενικότερα είναι κατάλληλο για χρήστες που θεωρούν επίπονη την πλοήγηση με ένα συμβατικό ποντίκι υπολογιστή. Οι Abasolo & Della (2007) προτείνουν τη χρήση του πρωτότυπου Magallanes σε συνδυασμό με ένα ποντίκι κεφαλής (head mouse) διότι έστω και ελάχιστα 'κλικ' είναι απαραίτητα κατά

την διαδικασία της πλοήγησης. Το πείραμα των ίδιων έδειξε ότι τα ‘κλικ’ που πραγματοποίησαν οι χρήστες μειώθηκαν έως και 70%.

6.2.11 Καθοδήγηση της πλοήγησης με περιορισμό κίνησης (Navigation guidance using motion constraints)

Η ιδέα της μεθόδου είναι να αφαιρεθούν από το χρήστη ορισμένες δυνατότητες που του προσφέρει το τρισδιάστατο περιβάλλον. Η τεχνική χρησιμοποιεί την κίνηση του χρήστη και για να είναι αποτελεσματική περιλαμβάνει:

- Σφαιρική κάλυψη (global coverage). Όλα τα σημαντικά ορόσημα του χώρου πρέπει να είναι αντιληπτά στο χρήστη.
- Συνεχή κίνηση (Continuous motion). Η κίνηση πρέπει να είναι ομαλή και συνεχής έτσι ώστε ο χρήστης να αντιλαμβάνεται το περιβάλλον που βρίσκεται.
- Τοπικός έλεγχος (Local control). Τοπικές αποκλίσεις στην κίνηση καλό είναι να επιτρέπονται στο χρήστη.

Η μέθοδος προβλέπεται να βελτιώσει την απόδοση πλοήγησης και τη μνήμη του χρήστη συγκεκριμένα στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας, όπου συσκευές εισόδου είναι το ποντίκι και το πληκτρολόγιο (Elmqvist et al., 2008).

6.2.12 Οπτικοποίηση του χρήστη – VU - Flow (Visualization of Users’ Flow)

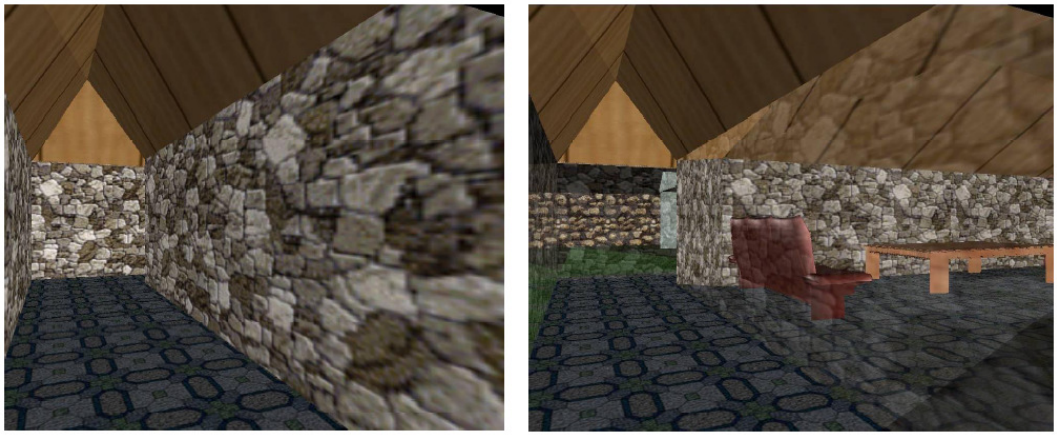
Το συγκεκριμένο εργαλείο που προτείνουν οι Chittaro & Ieronutti (2004), αναφέρεται στο σχεδιαστή του συστήματος. Καταγράφει αυτόματα τα χρήσιμα δεδομένα του εικονικού περιβάλλοντος και στη συνέχεια τα οπτικοποιεί σχηματικά. Με αυτή τη διαδικασία στοχεύει να βοηθήσει το σχεδιαστή του συστήματος να εντοπίσει τα προβλήματα και τις ατέλειες του και να διορθώσει τυχόν

λανθασμένες σχεδιαστικές επιλογές. Συγκεκριμένα το εργαλείο καταγράφει:

- Τις διαδρομές που πραγματοποίησε ένας χρήστης (ή και μια ομάδα χρηστών) μέσα στο εικονικό περιβάλλον.
- Τις περιοχές του εικονικού χώρου με το μεγαλύτερο ή μικρότερο ενδιαφέρον αντίστοιχα. Δηλαδή τα σημεία του εικονικού περιβάλλοντος που επισκέφτηκε ένας χρήστης, διότι εντόπισε κάτι ενδιαφέρον και το αντίστροφο.
- Τις επαναληπτικές κινήσεις που πραγματοποιεί ο χρήστης.

6.2.13 Δυνατότητα διαφάνειας των αντικειμένων (See through surfaces)

Η συγκεκριμένη βοήθεια πλοήγησης μετατρέπει ένα επιλεγμένο αντικείμενο του εικονικού περιβάλλοντος από συμπαγή όγκο σε ημιδιαφανής, έτσι ώστε ο χρήστης να μπορεί βλέπει τα γειτονικά αντικείμενα (Chittaro & Scagnetto, 2001). Η τεχνική αυτή είναι υλοποιημένη με τη βοήθεια της γλώσσας προγραμματισμού VRML και επιτρέπει στο χρήστη την ανάπτυξη της τοπογραφικής γνώσης (survey knowledge) που χρειάζεται για να κινηθεί μέσα στο εικονικό σκηνικό. Η βοήθεια πλοήγησης λειτουργεί με τον εξής τρόπο: ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει ένα εικονικό αντικείμενο χρησιμοποιώντας το ποντίκι. Μόλις το αντικείμενο επιλεγεί μετατρέπεται για οκτώ δευτερόλεπτα σε ημιδιαφανές και στη συνέχεια επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση. Εάν ο χρήστης επιθυμεί να απενεργοποιήσει τη διαφάνεια του αντικειμένου νωρίτερα από τα προκαθορισμένα δευτερόλεπτα, τότε το επιλέγει ξανά. Σε περίπτωση που δύο ή παραπάνω αντικείμενα διασταυρώνονται (π.χ. δύο τοίχοι που είναι κάθετοι και σχηματίζουν ορθή γωνία) επιλέγεται μόνο εκείνος τον οποίο σημαδεύει το ποντίκι.



Εικόνα 16. Αριστερά: Διάδρομος ενός εικονικού κτιρίου. Δεξιά: Ο ίδιος διάδρομος με ενεργοποιημένη τη βοήθεια της διαφάνειας (Chittaro & Scagnetto, 2001).

6.3 Λειτουργία του συστήματος

6.3.1 Ο έλεγχος της κίνησης από μία μοναδική συσκευή (όπως ποντίκι, χειριστήριο)

Οι A. Sebok et al. (2004) προτείνουν ο έλεγχος της κίνησης του χρήστη να πραγματοποιείται από μια συσκευή για να μην μπερδεύεται ο χρήστης. Αντίθετα οι E.Haik et al. (2002) υποστηρίζουν ότι η πλοήγηση του χρήστη σε ένα επιτραπέζιο εικονικό περιβάλλον όταν πραγματοποιείται με τη χρήστη του ποντικιού, καλό είναι να συνδυάζεται με επιμέρους βοηθητικά εργαλεία (όπως χάρτες κ.α.) για να είναι αποτελεσματική. Αμφότερες οι απόψεις είναι αποδεκτές και μπορούν να εφαρμοστούν ταυτόχρονα σε ένα σύστημα. Αφενός ο χρήστης επικεντρώνεται μόνο σε μια συσκευή και δεν μπερδεύεται και αφετέρου είναι θετικό στοιχείο να δίδεται η επιλογή στο χρήστη, να επιλέξει με ποια από τις συσκευές εισόδου επιθυμεί να αλληλεπιδράσει με το σύστημα.

6.3.2 Επιλογή αναίρεσης του λάθους (undo)

Στα περισσότερα συστήματα δεν υποστηρίζεται η ανατροπή λάθους (Sayers et al., 2004). Ο χρήστης με μια λανθασμένη κίνηση,

αποπροσανατολίζεται και εφόσον δεν έχει την επιλογή της αναίρεσης της ενέργειας, συχνά παραιτείται από την προσπάθεια πλοήγησης.

6.3.3 Η αύξηση του πεδίου όρασης του χρήστη

Η οθόνη του υπολογιστή παρέχει περιορισμένο πεδίο όρασης (Field Of View) όμως υπάρχουν περιθώρια εξέλιξης αν πραγματοποιηθεί ένας συνδυασμός των επιτραπέζιων συστημάτων εικονικής πραγματικότητας με ορισμένα στοιχεία από τα περιβάλλοντα εμβύθισης. Οι Peruch & Mestre (1999) προτείνουν:

- επιτραπέζια συστήματα με πολλαπλές κάμερες, προβαλλόμενα σε επίπεδη οθόνη 180 μοιρών (multiple - camera systems projecting on a 180 deg. Flat screen).
- καμπυλωτές οθόνες προηγμένης τεχνολογίας (curved screens) για ένα ευρύτερο πεδίο όρασης που θα φτάνει τις 180 μοίρες.

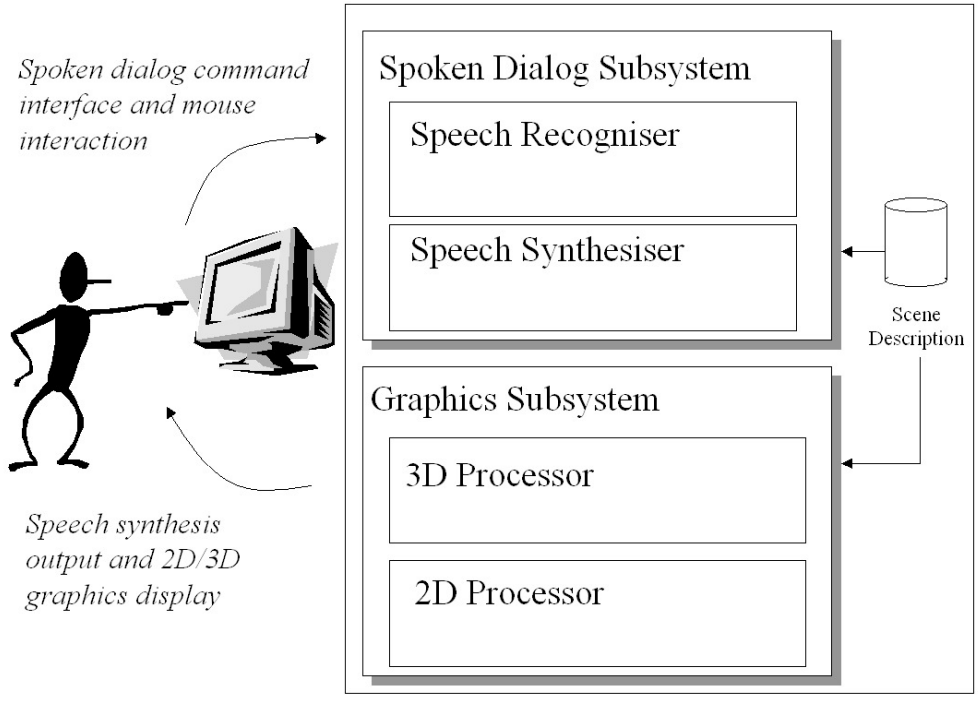
Βέβαια σε ορισμένες έρευνες παρατηρείται πως οι χρήστες σε περιπτώσεις που είχαν στη διάθεσή τους ένα ευρύτερο πεδίο όρασης, εξακολουθούσαν να αμελούν κάποιους από τους στόχους που έπρεπε να εντοπίσουν στο εικονικό περιβάλλον (Ruddle & Lessels, 2006). Μια πιθανή εξήγηση για αυτή τη διαπίστωση είναι η διαφορά που υπάρχει μεταξύ της ανθρώπινης όρασης (λεπτομέρεια αντικειμένων, χρώματα, φώτα) καθώς και του πεδίου όρασης του πραγματικού κόσμου με εκείνη που προσφέρει ένα εικονικό περιβάλλον (Ruddle & Lessels, 2006).

6.3.4 Η 'Τεχνολογία προφορικού διαλόγου' (Spoken dialogue technology)

Οι M.D.J. McNeill et al. (2002) προτείνουν αυτήν την τεχνολογία και υποστηρίζουν πως η ενσωμάτωση προφορικού διαλόγου μεταξύ ανθρώπου – υπολογιστή, ενισχύει την αποδοτικότητα του χρήστη στα εικονικά περιβάλλοντα. Πρόκειται για ένα σύστημα που είναι

κατασκευασμένο για την ενίσχυση της πλοήγησης σε επιτραπέζια (desktop VRs) εικονικά περιβάλλοντα, με βάση τη γλώσσα προγραμματισμού Java Speech API. Ουσιαστικά ο χρήστης με αυτήν την τεχνολογία έχει τη δυνατότητα να δίδει προφορική εντολή στον υπολογιστή και να τροποποιεί την πλοήγησή του. Το σύστημα της συγκεκριμένης τεχνολογίας, αποτελείται από πέντε βασικά στοιχεία:

1. το σύστημα προφορικού διαλόγου (spoken dialogue system)
2. ενσωματωμένα λεξικά με αναγνώριση φωνής (incorporating speech recognition dictionaries) & συστατικά σύνθεσης λέξεων (speech synthesis components)
3. δισδιάστατη διεπαφή γραφικών (2D graphics interface)
4. τρισδιάστατο υποσύστημα γραφικών (3D graphics subsystem)
5. το εικονικό περιβάλλον στο οποίο πλοηγείται ο χρήστης (VEs)



Εικόνα 17. Αρχιτεκτονική του συστήματος (M.D.J. McNeill et al., 2002).

Η λειτουργία αυτής της τεχνολογίας είναι η εξής: οι χρήστες μπορούν να διαλέξουν τον τρόπο πλοήγησης ανάμεσα στις επιλογές walk, pan, zoom και fly, οι οποίες είναι οι πιο κοινές στις επιφάνειες

εργασίας. Στη συνέχεια έχουν την δυνατότητα να αλλάξουν τον τρόπο πλοήγησης δίδοντας φωνητική εντολή στον υπολογιστή. Οι χρήστες μπορούν να δώσουν διάφορες εντολές στο σύστημα όπως 'στρίψε δεξιά', 'σταμάτα εδώ' ή 'αύξησε ταχύτητα', αφού η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει ενσωματωμένα λεξικά και αναγνωρίζει πάρα πολλές λέξεις. Παράλληλα υποστηρίζει τη χρησιμότητα των οροσήμων διότι προσφέρει στο χρήστη την επιλογή να αποθηκεύσει τα ονόματα των ορόσημων που θέτει ο ίδιος μέσα στο εικονικό περιβάλλον (π.χ. 'περπάτησε ως το κόκκινο αυτοκίνητο'). Τα ορόσημα μπορούν να μετονομαστούν ανά πάσα στιγμή με τη χρήση του ποντικιού και του πληκτρολογίου και όχι με φωνητική εντολή. Η δυνατότητα μετονομασίας με φωνητική εντολή δεν πραγματοποιήθηκε διότι η τεχνολογία δεν αναγνώριζε τα γραμματικά λάθη. Επίσης υπάρχει και η δυνατότητα της αναίρεσης μιας πράξης (undo) μέσω φωνητικής εντολής. Η μηχανή σύνθεσης λόγου (speech synthesis engine) δίδει ακουστική ανατροφοδότηση στο χρήστη, για να επιβεβαιώνει πως η προφορική εντολή που μόλις δόθηκε, αναγνωρίστηκε από τη μηχανή. Σε περίπτωση που η αναγνώριση αποτύχει, η μηχανή χρησιμοποιώντας συνθετική φωνή, ζητά από το χρήστη την επανάληψη της εντολής.

Η συγκεκριμένη τεχνολογία είναι ένα σπουδαίο βοήθημα πλοήγησης. Ενισχύει την απόδοση πλοήγησης των χρηστών με κινητικά προβλήματα και γενικότερα των χρηστών που δυσκολεύονται με την κατανόηση μιας επιφάνειας εργασίας και αναζητούν τη λύση μέσα στα μενού. Ταυτόχρονα δίδεται στο χρήστη η δυνατότητα να επιλέξει εκείνος αν θέλει να προηγηθεί με το ποντίκι και το πληκτρολόγιο ή με τη χρήση φωνητικών εντολών. Επίσης μειώνεται σημαντικά ο χρόνος που καταναλώνει ο χρήστης για την πλοήγηση.

6.3.5 Αλληλεπίδραση βασισμένη στο σώμα (Body-based desktop interaction) – αναγνώριση κινήσεων (Gesture interfaces)

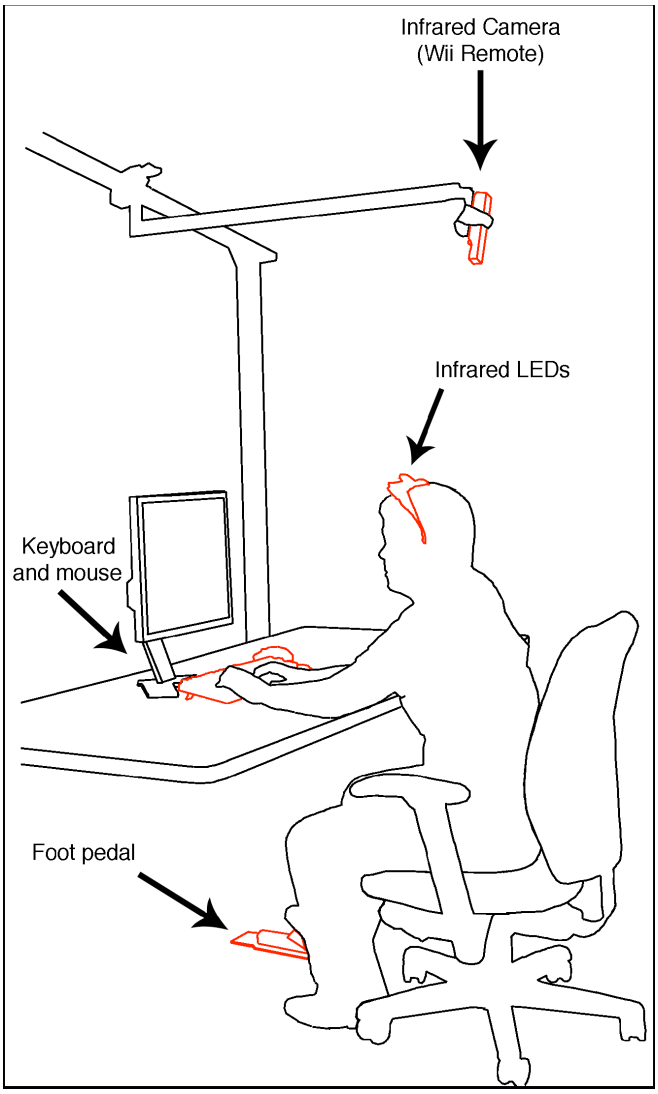
Η συγκεκριμένη πρόταση υποστήριξης πλοήγησης αφορά χειρονομίες και κινήσεις του χρήστη, οι οποίες αναγνωρίζονται από το σύστημα (Silva & Bowman, 2009). Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει το σώμα του για να πλοηγηθεί σε ένα εικονικό σκηνικό. Πολλοί χρήστες όταν χρησιμοποιούν μια διεπαφή βασισμένη σε χειρονομίες, για να ελέγξουν το avatar που τους αντιπροσωπεύει (όπως στο Second life), θεωρούν πιο εύκολη την πλοήγηση σε σχέση με τις εντολές μέσω του πληκτρολόγιου.

Η πρόταση αυτή δεν έχει σκοπό να αντικαταστήσει τη λειτουργία του πληκτρολογίου και του ποντικιού, αλλά να ενισχύσει την αλληλεπίδραση του χρήστη με τα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας. Σκοπός της είναι ένα μέρος της αλληλεπίδρασης να αφαιρεθεί από το πληκτρολόγιο και να αντικατασταθεί από ορισμένες κινήσεις του σώματος. Με αυτόν τον τρόπο οι αρχάριοι και οι εξοικειωμένοι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να συγκεντρωθούν πιο εύκολα, στις ενέργειες που εξακολουθούν να ελέγχονται από το πληκτρολόγιο (Silva & Bowman, 2009).

Η υλοποίηση ενός πρωτοτύπου της συγκεκριμένης πρότασης φανέρωσε ορισμένες σχεδιαστικές προκλήσεις. Για την εφαρμογή του πρέπει να ληφθεί υπόψη στη σχεδίαση, πως οι χρήστες συνήθως είναι καθιστοί και έχουν τα χέρια τους απασχολημένα με το πληκτρολόγιο και το ποντίκι. Συνεπώς οι κινήσεις που θα αναγνωρίζονται από το σύστημα θα είναι περιορισμένες.

Το πρωτότυπο περιλαμβάνει ένα πετάλι ποδιού που ενεργοποιεί και απενεργοποιεί την κίνηση. Η μεταφορά των κινήσεων του χρήστη στον avatar που τον αντιπροσωπεύει γίνεται με τη βοήθεια μιας κονσόλας Wii (που περιλαμβάνει υπέρυθρη κάμερα), η οποία είναι

τοποθετημένη πάνω στην καρέκλα του χρήστη. Ο χρήστης χρησιμοποιεί το πληκτρολόγιο για όσες κινήσεις ελέγχονται από εκεί. Τα αποτελέσματα της δοκιμαστικής χρήσης του πρωτοτύπου έδειξαν πως ορισμένοι χρήστες διευκολύνθηκαν στην πλοήγηση υπό την έννοια ότι δεν χρειάστηκε να σκεφτούν ιδιαίτερα τον τρόπο αλληλεπίδρασης με το σύστημα. Επίσης η μεταφορά των κινήσεων του χρήστη προς τον avatar κρίθηκε φυσική, όμως δεν θα μπορούσε να συνεχιστεί για πολύ ώρα. Άλλοι χαρακτήρισαν κουραστική τη διαδικασία διότι έπρεπε να ελέγχουν ταυτόχρονα όλες τις διαθέσιμες συσκευές και να παραμένουν στην ίδια θέση για αρκετή ώρα.



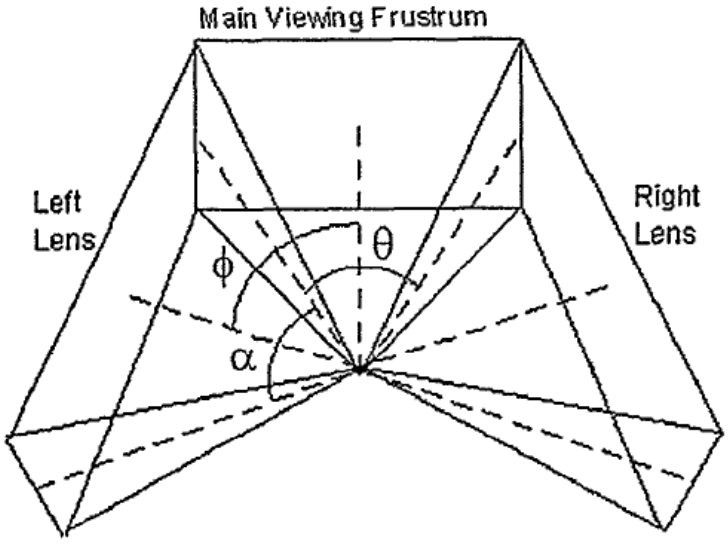
Εικόνα 18. Εγκατάσταση πρωτοτύπου (Silva & Bowman, 2009).

6.3.6 Περιφερειακοί φακοί (Peripheral lenses)

Οι περιφερειακοί φακοί είναι ένα οπτικό βοήθημα πλοήγησης που αποσκοπεί να προσομοιώσει την ανθρώπινη όραση στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας (Roberson et al., 1997). Ουσιαστικά αποτελούνται από πλαίσια τα οποία υπάρχουν δεξιά και αριστερά της βασικής οθόνης του υπολογιστή. Κάθε φακός είναι μια επέκταση του προηγούμενου, ενώ όλοι οι φακοί μαζί βρίσκονται στο ίδιο ύψος. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να προσαρμόσει τη γωνία του φακού από 30 έως 60 μοίρες, έχοντας σαν προκαθορισμένη ρύθμιση τις 42 μοίρες.

Κάθε περιφερειακός φακός αποτελείται από 200 X 600 pixels και το βασικό παράθυρο αποτελείται από 600 X 500 pixels. Η πλοήγηση του χρήστη πραγματοποιείται με το ποντίκι.

Το συγκεκριμένο βοήθημα συμβάλλει στην αύξηση της όρασης του χρήστη δίδοντάς του περισσότερες πληροφορίες. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται ο χρόνος και ο αριθμός των κινήσεων που χρειάζεται να κάνει ο χρήστης για να αντιληφθεί το χώρο.



Εικόνα 19. Σύνθεση περιφερειακών φακών (Roberson et al., 1997).

6.4 Συμπεράσματα

Τα βοηθήματα πλοήγησης και οι εύχρηστες διεπαφές των εικονικών περιβαλλόντων αυξάνουν αναμφισβήτητα την απόδοση πλοήγησης του χρήστη. Έχουν πραγματοποιηθεί πολλές προτάσεις σχετικά με την υποστήριξη της πλοήγησης του χρήστη στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας, βασισμένα στις ανάγκες της συγκεκριμένης κατηγορίας. Οι περισσότερες αφορούν τη λειτουργία της διεπαφής η οποία χρησιμοποιείται διαφορετικά ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του χρήστη. Η ευχρηστία της διεπαφής καθώς και της κάθε λειτουργίας της προκαθορίζουν την προσβασιμότητα του χρήστη στο εικονικό περιβάλλον. Το ίδιο μπορεί να είναι σχεδιασμένο τηρώντας τις απαραίτητες σχεδιαστικές προδιαγραφές όμως να υστερεί στην ευχρηστία της διεπαφής.

Κάθε βοήθημα και τεχνική στοχεύουν να λύσουν ένα διαφορετικό πρόβλημα, όμως κανένα δεν είναι δυνατόν να καλύψει όλες τις δυσκολίες προήγησης ή τις αδυναμίες του χρήστη. Οι ίδιος ανταποκρίνεται διαφορετικά σε κάθε βοηθητικό εργαλείο ανάλογα με τα ατομικά χαρακτηριστικά, τις γνώσεις και τις δυνατότητές του. Παρατηρείται πως ένα βοήθημα πλοήγησης είναι ιδιαίτερα χρήσιμο και αποτελεσματικό για ένα ποσοστό χρηστών και ταυτόχρονα κρίνεται αδιάφορο ή μη λειτουργικό από άλλους. Για αυτό προτείνεται ο συνδυασμός δύο ή παραπάνω βοηθημάτων πλοήγησης σε κάθε εικονικό περιβάλλον έτσι ώστε να υπάρχουν ορισμένες επιλογές.

Από την άλλη πλευρά η προσφορά πολλών βοηθημάτων πλοήγησης δεν πιστοποιεί την επιτυχή πλοήγηση του χρήστη. Έπειτα ορισμένα βοηθήματα πλοήγησης ενώ έχουν αξιολογηθεί θετικά, δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε κάθε εικονικό περιβάλλον (π.χ. η μινιατούρα του κόσμου είναι χρήσιμη μόνο σε περιβάλλοντα μεγάλης κλίμακας). Συνεπώς οι βοήθειες πρέπει να προσαρμόζονται στις ανάγκες και τις απαιτήσεις κάθε εικονικού περιβάλλοντος εφόσον τα ίδια

αποτελούνται από διαφορετικά χαρακτηριστικά (A. Sebok et al., 2004). Έπειτα υπάρχουν βοηθήματα τα οποία έχουν πάντα θετική επίδραση στην πλοήγηση (όπως τα ορόσημα), όμως πρέπει να τηρούν ορισμένες σχεδιαστικές προδιαγραφές για να μεταφέρουν στο χρήστη τη χωρική γνώση (Parush & Berman, 2004).

Επίσης οι παράγοντες που προκύπτει πως βελτιώνουν τις ικανότητες πλοήγησης αφορούν την αύξηση του πεδίου όρασης του χρήστη καθώς και την αύξηση των οπτικών πληροφοριών που είναι διαθέσιμες σε ένα εικονικό περιβάλλον (Cliburn et al., 2007). Η αύξηση του πεδίου όρασης του χρήστη στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας αποπειράθηκε από πολλούς ερευνητές. Η δυνατότητα 'zoom in' και 'zoom out' είναι μια ιδιαίτερα διαδεδομένη τεχνική που χρησιμοποιείται στα εικονικά περιβάλλοντα για τη διεύρυνση του εικονικού χώρου (N. Vinson, 1999; Tan et al., 2001). Ομοίως η πανοραμική άποψη του χρήστη (bird's eyes view) και η μινιατούρα του κόσμου παραπέμπουν το χρήστη από τη γενική εποπτεία του εικονικού περιβάλλοντος στην εξερεύνηση συγκεκριμένων υπο-περιοχών. Τέλος υποστηρίζεται πως η ένταξη της φυσικής κίνησης του σώματος στο εικονικό σκηνικό βελτιώνει την απόδοση πλοήγησης παρόλο που είναι δύσκολο να επιτευχθεί.

Γενικότερα κάθε εικονικό περιβάλλον πρέπει να περιλαμβάνει τα κατάλληλα βοηθήματα πλοήγησης και να τηρεί τις απαραίτητες σχεδιαστικές προδιαγραφές ως προς την ευχρηστία της διεπαφής του χρήστη.

7. Ευχρηστία

Η ευχρηστία είναι το βασικό συστατικό που απαιτείται για την αποτελεσματική λειτουργία μιας εφαρμογής. Αφορά την 'ευκολία χρήσης' ενός βοηθήματος ή ενός συστήματος και εκτιμά την ικανοποίηση του χρήστη σχετικά με τις διεργασίες πλοήγησης που καλείται να ολοκληρώσει (Bowman et al., 2002; M.D.J. McNeill et al., 2002). Ο όρος 'ευχρηστία' περιλαμβάνει οποιοδήποτε χαρακτηριστικό σχετίζεται με την ευχέρεια, την οργάνωση και την αποτελεσματικότητα μια εφαρμογής, συμπεριλαμβάνοντας την απόδοση του χρήστη. Η ευχρηστία διασφαλίζεται ακολουθώντας συγκεκριμένες μεθόδους που δημιουργήθηκαν για την ικανοποίηση του χρήση όσον αφορά τα εικονικά περιβάλλοντα (Nielsen, 1993).

Ο σχεδιασμός ενός εύχρηστου και αποτελεσματικού αλληλεπιδραστικού εικονικού περιβάλλοντος αποτελεί μια νέα πρόκληση για τους σχεδιαστές συστημάτων. Ενώ εφαρμόζονται οι παραδοσιακές τεχνικές αξιολόγησης ευχρηστίας (Nielsen, 1993), πιθανών να μην συμβαδίζουν με τις σημερινές απαιτήσεις και τα χαρακτηριστικά των τρισδιάστατων εικονικών περιβαλλόντων (Stanney et al., 2003).

Πολλές μελέτες (Darken & Sibert, 1993; Chen & Stanney, 1999) στοχεύοντας στην αναγνώριση των χαρακτηριστικών που καθιστούν εύχρηστο ένα εικονικό περιβάλλον, καταλήγουν στον εξής διαχωρισμό των συστημάτων εικονικής πραγματικότητας:

- στη διεπαφή των συστημάτων εικονικής πραγματικότητας (VE system interface) που αφορά το λογισμικό, τα εξαρτήματα του υπολογιστή και γενικά την αλληλεπίδραση ανθρώπου – υπολογιστή.
- στη διεπαφή του χρήστη (user interface).

Οι παραπάνω όροι έχουν διαφορετική ονομασία όμως επικεντρώνονται στο ίδιο θέμα: στο γεγονός ότι η ευχρηστία των εικονικών περιβαλλόντων μπορεί να κατηγοριοποιηθεί είτε ως

ευχρηστία του συστήματος, είτε ως ευχρηστία της διεπαφής του χρήστη (Stanney et al., 2003).

Τα κριτήρια ευχρηστίας των εικονικών περιβαλλόντων αφορούν την αλληλεπίδραση του χρήστη με μια εφαρμογή. Η πλοήγηση (εύρεση μονοπατιού και μετακίνηση) αποτελεί υποκατηγορία της αλληλεπίδρασης διότι είναι η βασική ενέργεια με την οποία εξακριβώνεται η ικανότητα του χρήστη να ανταποκρίνεται στις διεργασίες μετακίνησης (travel/wayfinding -> navigation tasks).

7.1 Αξιολόγηση ευχρηστίας

Για τον σχεδιασμό εύχρηστων συστημάτων απαιτείται αρχικά ο εντοπισμός των προβλημάτων ευχρηστίας, ο οποίος επιτυγχάνεται μέσω της αξιολόγησης. Η αξιολόγηση ευχρηστίας είναι η αποτίμηση μιας συγκεκριμένης εφαρμογής ή λειτουργίας. Συνήθως πραγματοποιείται μέσω ενός πρωτοτύπου, με σκοπό να βρεθούν τα μη λειτουργικά σημεία του συστήματος ή της διεπαφής και να βελτιωθούν. Στη διαδικασία της αξιολόγησης ευχρηστίας συμμετέχουν: ο σχεδιαστής/προγραμματιστής που υλοποιεί μια εφαρμογή ή μια διεπαφή, ο αξιολογητής ο οποίος οργανώνει τη διαδικασία και οι χρήστες (user population) που δοκιμάζουν την εφαρμογή (Bowman et al., 2002).

Τα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας παρουσιάζουν προβλήματα ευχρηστίας όσον αφορά τον αποπροσανατολισμό (disorientation) του χρήστη και τον χειρισμό (user manipulation) των εικονικών αντικειμένων (Sutcliffe & Kaur, 2000). Η αξιολόγηση ευχρηστίας των βοηθητικών εργαλείων, της διεπαφής του χρήστη και της λειτουργίας του συστήματος κρίνεται απαραίτητη διαδικασία για την αναγνώριση και τη διόρθωση κάθε δυσλειτουργίας που επηρεάζει την απόδοση της πλοήγησης.

7.1.1 Μέθοδοι αξιολόγησης ευχρηστίας για τα εικονικά περιβάλλοντα

Ακολουθεί μια λίστα με τις μεθόδους αξιολόγησης που χρησιμοποιούνται για τα εικονικά περιβάλλοντα (Bowman et al., 2002).

- Γνωστική περιήγηση (Cognitive Walkthrough)

Ο χρήστης ακολουθεί συγκεκριμένα βήματα για να αντιληφθεί την ευχρηστία του συστήματος. Παράλληλα εξετάζονται αν οι ικανότητες της διεπαφής μπορούν να υποστηρίξουν την κάθε ενέργεια του χρήστη. Η συγκεκριμένη μέθοδος αξιολόγησης θεωρείται κατάλληλη για τα εικονικά περιβάλλοντα που προβάλλονται από την οθόνη του υπολογιστή (Sutcliffe & Kaur, 2000).

- Παραγωγική αξιολόγηση (Formative evaluation)

Μια μέθοδος που εκτιμά την αλληλεπίδραση του χρήστη προσφέροντας ποιοτικά αλλά και ποσοτικά αποτελέσματα. Εξετάζονται βασικές λειτουργίες του συστήματος (π.χ. εντολές πλοήγησης) και ταυτόχρονα προκύπτουν δευτερεύοντα ζητήματα όπως χρόνος ολοκλήρωσης μιας ενέργειας, αντιδράσεις του χρήστη κ.α.

- Ευρετική αξιολόγηση (Heuristic or Guidelines-Based Expert Evaluation)

Μια μέθοδος στην οποία διάφοροι ειδικοί ερευνητές αξιολογούν ξεχωριστά ένα σύστημα, εφαρμόζοντας σε αυτό ορισμένες προδιαγραφές που γνωρίζουν.

- Αξιολόγηση ερωτηματολογίου (Post-hoc Questionnaire)

Οι χρήστες αφού χρησιμοποιήσουν ένα σύστημα εικονικής πραγματικότητας, συμπληρώνουν ένα ερωτηματολόγιο. Με αυτόν τον τρόπο συλλέγονται δημογραφικά στοιχεία και προσωπικά ενδιαφέροντα των συμμετεχόντων. Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι περισσότερο ακριβής και εξυπηρετική σε σχέση με την προσωπική συνέντευξη των συμμετεχόντων.

- Αξιολόγηση μέσω συνέντευξης (Interview/Demo)

Η αξιολόγηση μέσω συνέντευξης αποτελεί μια τεχνική για τη συγκέντρωση πληροφοριών του χρήστη. Προσφέρουν περισσότερες πληροφορίες σε σχέση με τα ερωτηματολόγια και καταγράφουν τις αντιδράσεις του κάθε χρήστη.

- Αθροιστική ή συγκριτική αξιολόγηση (Summative or Comparative evaluation)

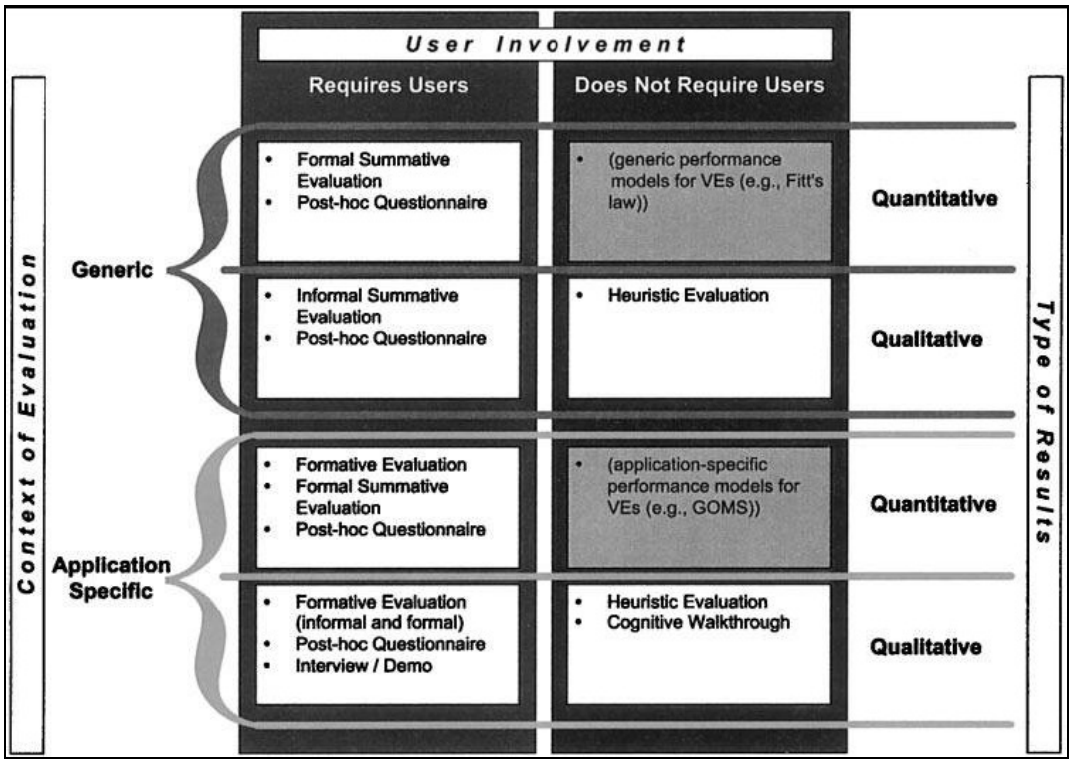
Μέθοδος με την οποία συγκρίνονται δύο ή παραπάνω διεπαφές του χρήστη. Τα κριτήρια σύγκρισης βασίζονται σε στατιστικά στοιχεία που έχουν προηγηθεί.

7.1.2 Ταξινόμηση των μεθόδων αξιολόγησης ευχρηστίας για τα εικονικά περιβάλλοντα

Η ταξινόμηση των μεθόδων πραγματοποιείται ανάλογα με τρία χαρακτηριστικά: το μέγεθος της συμμετοχής του αντιπροσωπευτικού χρήστη, το περιβάλλον της αξιολόγησης και τα αποτελέσματα που προκύπτουν (Bowman et al., 2002).

Το πρώτο χαρακτηριστικό χωρίζεται στις μεθόδους εκείνες που χρειάζονται ορισμένους χρήστες για τη διαδικασία της αξιολόγησης και σε εκείνες που δεν χρειάζονται. Το δεύτερο χαρακτηριστικό περιγράφει τον τύπο του περιβάλλοντος στο οποίο λαμβάνει χώρα η αξιολόγηση (γενικό περιβάλλον ή περιβάλλον συγκεκριμένης εφαρμογής). Το τρίτο χαρακτηριστικό προσδιορίζει αν τα αποτελέσματα της αξιολόγησης είναι ποιοτικά ή ποσοτικά.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά πιθανών να συνδυάζονται σε μια μέθοδο π.χ. μια μέθοδος αξιολόγησης μπορεί να παράγει ποιοτικά και ποσοτικά αποτελέσματα. Ακολουθεί ο πίνακας με την ταξινόμηση των μεθόδων αξιολόγησης στα εικονικά περιβάλλοντα.



Εικόνα 20. Ταξινόμηση των μεθόδων αξιολόγησης ευχρηστίας για τα εικονικά περιβάλλοντα (Bowman et al., 2002).

7.2 Αξιολόγηση ευχρηστίας της διεπαφής του χρήστη

Για την δημιουργία ενός τρισδιάστατου σκηνικού οι σχεδιαστές πρέπει να λαμβάνουν υπόψη πολλά στοιχεία έτσι ώστε να προσφέρουν στο χρήστη μια εύχρηστη διεπαφή. Ο προβληματισμός της λειτουργικότητας της διεπαφής, η πρόβλεψη τυχόν ελλείψεων και σχεδιαστικών λαθών καθώς και η αποτροπή του χρήστη από άσκοπες ενέργειες είναι θέματα τα οποία αφορούν άμεσα το σχεδιαστή. Η διεπαφή πρέπει να υποδεικνύει στο χρήστη τις δυνατότητες και της λειτουργίες της έτσι ώστε να διευκολύνει την πλοήγηση. Έρευνες που ασχολήθηκαν με την αξιολόγηση ευχρηστίας διεπαφών εντόπισαν τα παρακάτω θέματα (Sayers et al., 2000; H. Sayers, 2004):

- Η προκαθορισμένη ταχύτητα (velocity) των εφαρμογών κρίνεται υπερβολικά γρήγορη από τους χρήστες. Το μέγεθος

της ταχύτητας είναι δυνατόν να τροποποιηθεί, αλλά οι ρυθμίσεις δεν είναι πάντα προφανείς στο χρήστη.

- Οι χρήστες συγκρούονται με εικονικά αντικείμενα (Collision).
- Εφοδιάζοντας τις ομάδες χρηστών με ορατά βοηθητικά εργαλεία πλοήγησης, αλληλεπιδρούν καλύτερα με το σύστημα και είναι ικανοποιημένοι από την διεπαφή του. Με αυτόν τον τρόπο οι χρήστες καταφέρνουν να ολοκληρώσουν την διαδικασία της πλοήγησης χωρίς να εγκαταλείψουν την προσπάθεια.
- Η ομάδα χρηστών που θα έχει στη διάθεσή της όλα τα βοηθητικά εργαλεία πλοήγησης θα λειτουργήσει πολύ καλύτερα από την ομάδα που θα έχει στη διάθεσή της μόνο ένα εργαλείο. Το γεγονός αυτό βασίζεται στο ότι διαφορετικοί χρήστες θεωρούν άλλα εργαλεία περισσότερο χρήσιμα και άλλα λιγότερο.
- Σε διεπαφές που παρέχουν αρκετά βοηθητικά εργαλεία πλοήγησης οι χρόνοι απόδοσης των χρηστών βελτιώνονται σημαντικά και η χρονική διαφορά μεταξύ δύο διαφορετικών ομάδων (νέων - ηλικιωμένων) είναι πολύ μικρή.
- Επίσης διαπιστώνεται πως ο χρόνος εκτέλεσης μιας ενέργειας ενός ηλικιωμένου χρήστη είναι μεγαλύτερος από εκείνον ενός νεότερου χρήστη. Αυτό βέβαια δεν ισχύει πάντα.
- Οι χρήστες αναγνωρίζουν ως πολύ χρήσιμα τα εργαλεία αποθήκευσης μιας διαδρομής (mark) και διόρθωσης λάθους (undo) υπό την έννοια ότι μειώνουν σημαντικά τον χρόνο πλοήγησης (H. Sayers, 2004).
- Το εργαλείο Map που ενεργοποιεί το χάρτη της πλοήγησης (κάτοψη εικονικού περιβάλλοντος) δεν χαρακτηρίζεται ιδιαίτερα χρήσιμο όταν το εικονικό περιβάλλον είναι μικρής κλίμακας. Θα ήταν σημαντικά χρήσιμο σε επιτραπέζια περιβάλλοντα μεγαλύτερης κλίμακας (H. Sayers, 2004).

Ακολουθούν ορισμένες σχεδιαστικές οδηγίες σχετικά με την διεπαφή του χρήστη. Συγκεκριμένα καλό είναι να υπάρχει:

- Λειτουργική επιφάνεια εργασίας. Η λειτουργικότητα της επιφάνειας εργασίας πρέπει οπωσδήποτε να υπάρχει και να είναι ευδιάκριτη για τον χρήστη. Όλα τα εργαλεία που εκτελούν σημαντικές ενέργειες του συστήματος πρέπει να είναι σε μενού και όχι κρυμμένα σε καρτέλες (H. Sayers et al., 2000).
- Ευκολία στον έλεγχο της ταχύτητας. Οι χρήστες πρέπει να κατανοούν γρήγορα και εύκολα *πώς να* ελέγχουν την ταχύτητα της κίνησης μέσα στο εικονικό περιβάλλον. Όλες οι επιφάνειες εργασίας αξιολογούνται για τον έλεγχο της ταχύτητάς τους, όμως καμία δεν υποδεικνύει με κάποιο τρόπο, πώς θα γίνεται ο έλεγχος αυτός. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τον αποπροσανατολισμό των χρηστών (H. Sayers et al., 2000).
- Υποστήριξη του χαρακτηριστικού της κατεύθυνσης της κίνησης του χρήστη (H. Sayers et al., 2000).
- Ορατότητα στην πληροφορία του εικονικού περιβάλλοντος (Visibility). Τα εικονικά περιβάλλοντα εκτός από το βασικό σκηνικό, περιλαμβάνουν συμπληρωματικές πληροφορίες όπως κείμενα, αριθμοί, εικόνες, ήχοι, βίντεο κ.α. όλα τα παραπάνω πρέπει να είναι ορατά στο χρήστη (Polys & Bowman, 2004).
- Ευαναγνωσιμότητα των συμπληρωματικών πληροφοριών του εικονικού περιβάλλοντος στην περίπτωση των αριθμών και των κειμένων (Legibility). Η γραμματοσειρά και το μέγεθος που χρησιμοποιούνται στα εικονικά περιβάλλοντα πρέπει να επιλέγονται βάσει κριτηρίων και όχι τυχαία. Επίσης τα χρώματα των γραμμάτων και η αντίθεση που έχουν με το φόντο είναι ένα ακόμη ζήτημα που πρέπει να ληφθεί υπόψη. Η αντίθεση πρέπει να είναι έντονη έτσι ώστε ο χρήστης να μην μπερδεύεται (Polys & Bowman, 2004).

- Ομοιομορφία σε συγγενικά αντικείμενα (Association). Αντικείμενα που έχουν παρόμοιο σκοπό ή κινούνται σε ίδια τροχιά καλό είναι να έχουν κοινά χαρακτηριστικά (π.χ. ίδιο χρώμα ή ίδια χαρακτηριστικά φωτορεαλιστικής απεικόνισης) έτσι ώστε ο χρήστης να αντιλαμβάνεται τη συσχέτισή τους (Polys & Bowman, 2004).
- Άθροισμα του αντικειμένου (Aggression). Κάθε αντικείμενο αποτελείται από ένα σύνολο γεωμετρικών στοιχείων. Καλό είναι να φανερώνεται στο χρήστη η λεπτομέρεια σχεδίασης του κάθε όγκου (π.χ. όταν περνάει πάνω από το αντικείμενο το ποντίκι), (Polys & Bowman, 2004).

Επίσης ακολουθούν ορισμένες σχεδιαστικές οδηγίες σχετικά με τα ίχνη και τα avatars, που προκύπτουν από την αξιολόγηση της διεπαφής του χρήστη.

Ίχνη (Trails)

Τα ίχνη ενώ αποτελούν ένα απλό αλλά σημαντικό βοήθημα πλοήγησης, συχνά μπερδεύουν το χρήστη ο οποίος αδυνατεί να ξεχωρίσει τα μονοπάτια που πέρασε μετά από αρκετή ώρα πλοήγησης (trail pollution). Προτείνονται οι παρακάτω σχεδιαστικές οδηγίες για τα ίχνη:

- Καλό είναι να σβήνουν όταν ο χρήστης δεν βρίσκεται πάνω στο μονοπάτι που διαγράφουν (Darken & Peterson, 2001).
- Ο χρήστης να έχει τη δυνατότητα ολικής απενεργοποίησης της συγκεκριμένης βοήθειας σε περίπτωση που δεν επιθυμεί να τη χρησιμοποιήσει (Darken & Peterson, 2001).

Avatars

Η ανθρώπινη υπόσταση που αναπαριστάται από τα avatars καλό είναι να ακολουθεί ορισμένες σχεδιαστικές οδηγίες έτσι ώστε να κεντρίζουν το ενδιαφέρον του χρήστη και να αυξάνουν την απόδοση πλοήγησης (Bailenson et al., 2006). Προτείνεται:

- Να έχουν ποικιλία εκφράσεων προσώπου και να τις προσομοιώνουν με γνησιότητα όσο είναι δυνατόν (veridicality).
- Να υπάρχει η επιλογή της κατάργησης του avatar.

7.3 Αξιολόγηση ευχρηστίας του συστήματος

Η ευχρηστία του συστήματος αποτελεί το πρώτο στοιχείο που μπορεί να επηρεάσει την απόδοση πλοήγησης. Σε τρισδιάστατα περιβάλλοντα ελεγχόμενα από υπολογιστή, η κίνηση του χρήστη ελέγχεται από το ποντίκι και το πληκτρολόγιο χωρίς να υπάρχει απόλυτη ακρίβεια κίνησης (precise movements), (Sayers et al., 2000; H. Sayers, 2004). Επίσης στα περισσότερα συστήματα δεν υποστηρίζεται η δυνατότητα διόρθωσης λάθους (error correction or undo). Στην περίπτωση που ο χρήστης αναπροσανατολιστεί συχνά αναζητά τη δυνατότητα αναίρεσης μιας ενέργειας όμως παραιτείται από την προσπάθεια πλοήγησης μόλις διαπιστώνει ότι δεν υπάρχει. Τέλος το περιορισμένο οπτικό πεδίο του χρήστη λόγω της οθόνης του υπολογιστή και οι ανεπαρκείς οπτικές απόψεις που παρέχονται από το σύστημα, ευθύνονται για πολλά προβλήματα πλοήγησης.
Οι H. Sayers et al., (2000) προτείνουν τις παρακάτω σχεδιαστικές οδηγίες:

- Η προκαθορισμένη ρύθμιση της κίνησης του χρήστη να είναι το περπάτημα (walk mode).
- Καλό είναι να υπάρχει η επιλογή αναίρεσης ενεργειών (undo). Η διόρθωση σε τυχόν λάθη του χρήστη πρέπει να υποστηριχθεί και να προωθηθεί.
- Οι χρήστες να έχουν την ικανότητα να καθορίζουν τα ενδιαφέροντα πεδία τους και στα οποία θα μπορούν να πλοηγούνται αυτόματα (teleporting), όταν αυτό είναι απαραίτητο.

7.4 Σχεδιαστικές οδηγίες ευχρηστίας για την υποστήριξη της πλοήγησης του χρήστη

Σχεδιαστικές οδηγίες ευχρηστίας για την πλοήγηση

	Σχεδιαστική οδηγία ευχρηστίας	Αναφορά
1	Υποστήριξη της πλοήγησης ως βασική ενέργεια αλληλεπίδρασης του χρήστη.	(Bowman et al., 2005)
2	Δυνατότητα πολλών μεταφορών πλοήγησης του χρήστη με προκαθορισμένη κατάσταση το 'περπάτημα' (walking mode).	(H. Sayers et al., 2000) (Sherman & Craig, 2003)
3	Δυνατότητα αυτόματης μεταφοράς του χρήστη σε ένα προορισμό (teleporting).	(H. Sayers et al., 2000)
4	Αυξήστε το κίνητρο της πλοήγησης του χρήστη.	(Chen & Stanney, 1999) (R. Pak et al., 2008)
5	Διατηρήστε την ομοιομορφία του εικονικού περιβάλλοντος (organizational principles).	(Darken, 1995) (Chen & Stanney, 1999)
6	Να προβάλλονται οι απαραίτητες πληροφορίες έτσι ώστε ο χρήστης να γνωρίζει που βρίσκεται, που θέλει να πάει και πώς (προσανατολισμός).	(Mohageg et al., 1996 (D. Waller et al., 2004)
7	Η κίνηση να ελέγχεται από το χρήστη.	(A. Sebok et al., 2004) (Sayers et al., 2004)
8	Χρησιμοποιήστε ορόσημα.	(N. Vinson, 1999) (Darken & Sibert, 1996) (Ruddle et al., 1997) (Darken & Peterson, 2001) (Sayers, 2004)
9	Χρήση ομιλίας, βίντεο και ήχου	(Murray et al., 2000)

	σε εφαρμογές όπου είναι απαραίτητο.	(Dodiya & Alexandrov, 2008) (McNeill et al., 2002)
10	Χρησιμοποιήστε χάρτες, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για περιβάλλοντα μικρής κλίμακας.	(Ruddle et al., 1997) (Ruddle et al., 1998) (Chittaro & Scagnetto, 2001) (Darken & Peterson, 2001) (Chittaro & Venkataraman, 2006) (Chen et al., 2009)
11	Παρέχετε στο χρήστη πολλές οπτικές απόψεις του εικονικού περιβάλλοντος.	(R. Stoackley et al., 1995) (Pausch et al., 1995) (Chen & Stanney, 1999) (Chittaro & Scagnetto, 2001) (Elvins et al., 2001)

1. Η πλοήγηση αποτελεί την πιο κοινή και βασική ενέργεια αλληλεπίδρασης του χρήστη με το εικονικό περιβάλλον. Η υποστήριξή της είναι απαραίτητη για να μπορέσει ο χρήστης να περιηγηθεί στο χώρο και να αναπτύξει ένα γνωστικό χάρτη.
2. Το 'περπάτημα' είναι η μεταφορά πλοήγησης που προσομοιώνει τον τρόπο που πλοηγείται ο άνθρωπος στον πραγματικό κόσμο και καλό είναι να αποτελεί προκαθορισμένη ρύθμιση σε ένα εικονικό περιβάλλον. Παράλληλα ο χρήστης πρέπει να έχει την επιλογή να αλλάξει την μεταφορά πλοήγησης, ανάλογα με τις ανάγκες του εικονικού περιβάλλοντος.
3. Η αυτόματη μεταφορά του χρήστη διευκολύνει την πλοήγηση στα εικονικά περιβάλλοντα μεγάλης κλίμακας. Καλό είναι να υπάρχει σαν δυνατότητα αλλά να συνδυάζεται με επιμέρους ρυθμίσεις (π.χ. επιστροφή στον προηγούμενο προορισμό, τοποθέτηση του χρήστη σε σημείο να βλέπει ένα πλήρες 'κάδρο' του προσδοκώμενου προορισμού/στόχου κ.α.) έτσι ώστε να αποφευχθούν τυχόν προβλήματα.

4. Το εικονικό περιβάλλον πρέπει να κεντρίζει το ενδιαφέρον του χρήστη, έτσι ώστε να αυξάνει το κίνητρο για πλοήγηση και εξερεύνηση.
5. Η ομοιόμορφη δομή και σχεδίαση του εικονικού περιβάλλοντος δεν εξασφαλίζουν απαραίτητα την αποτελεσματική πλοήγηση του χρήστη όμως συμβάλλουν στην αντίληψη του χώρου και στην απόκτηση της χωρικής γνώσης, γεγονός που ενισχύει την απόδοση πλοήγησης.
6. Η πλοήγηση πρέπει να υποστηρίζεται από πληροφορίες που υποδεικνύουν στο χρήστη την ακριβή του θέση και τους πιθανούς προορισμούς του εικονικού περιβάλλοντος. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να προβάλλονται είτε από βοηθήματα πλοήγησης όπως χάρτες, ορόσημα, τρισδιάστατα βέλη κ.α. είτε από οδηγίες κειμένου ή ήχου, έτσι ώστε ο χρήστης να προσανατολιστεί στο χώρο.
7. Ο έλεγχος της κίνησης του χρήστη εξασφαλίζεται από τις συσκευές εισόδου και από τις ρυθμίσεις της εφαρμογής. Γενικά στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας είναι μια δύσκολη υπόθεση αλλά με αυτόν τον τρόπο μειώνεται η πιθανότητα αποπροσανατολισμού του χρήστη.
8. Η παρουσία οροσήμων σε ένα εικονικό περιβάλλον κρίνεται απαραίτητη (N. Vinson, 1999; Darken & Sibert, 1996). Ο N. Vinson, 1999) προτείνει 13 σχεδιαστικές οδηγίες για τα ορόσημα, τονίζοντας την χρησιμότητά τους στην εύρεση μονοπατιού. Συγκεκριμένα:
    - Κάθε εικονικό περιβάλλον πρέπει να περιλαμβάνει αρκετά ορόσημα. Τα ορόσημα πρέπει να είναι ανάλογα με το μέγεθος του εικονικού περιβάλλοντος, διακριτά και αναγνωρίσιμα (N. Vinson, 1999; Darken & Peterson, 2001).
    - Χρήση και των πέντε τύπων οροσήμων. Οι γνωστικοί χάρτες που αναπτύσσουν οι άνθρωποι γενικά

περιλαμβάνουν στοιχεία πέντε τύπων: μονοπάτια (paths), ακμές (edges), περιοχές (districts), κόμβους (nodes), ορόσημα (landmarks). Σε ένα εικονικό περιβάλλον καλό είναι για την υποστήριξη του χρήστη να υπάρχουν όλοι οι τύποι (N. Vinson, 1999).

- Το ορόσημο πρέπει να είναι σχεδιαστικά αναγνωρίσιμο και ξεχωριστό. Οι χρήστες συνήθως ως σημείο αναφοράς ορίζουν κτίρια του εικονικού κόσμου. Στον παρακάτω πίνακα συγκεντρώνονται τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά που καθιστούν ένα κτίριο - ορόσημο αξιομνημόνευτο.

Χαρακτηριστικό κτιρίου	**Ερέθισμα χρήστη**
Αξιοσημείωτο ύψος	Αύξηση της αναγνωρισιμότητας του κτιρίου
Πολύπλοκο σχήμα	Αύξηση της αναγνωρισιμότητας του κτιρίου
Αστραφτερή εξωτερική όψη	Αποτύπωση στη μνήμη του χρήστη
Μεγάλες & ορατές πινακίδες	Αύξηση της αναγνωρισιμότητας του κτιρίου
Ακριβά κατασκευαστικά υλικά & καλή συντήρηση	Αποτύπωση στη μνήμη του χρήστη
Περιβάλλον χώρος	Αύξηση της αναγνωρισιμότητας του κτιρίου
Εντυπωσιακό εξωτερικό χρώμα & υφή	Αποτύπωση στη μνήμη του χρήστη

Πίνακας 2. Σχεδιαστικά χαρακτηριστικά για κτίρια – ορόσημα (N. Vinson, 1999)

- Το βασικό υλικό κατασκευής των οροσήμων να είναι το σκυρόδεμα – και καλό είναι να αποφεύγονται οι αφηρημένες μορφές. Τα υλικά όπως προαναφέρθηκε έχει παρατηρηθεί πως έχουν την ιδιότητα να αποτυπώνονται εύκολα στη μνήμη του χρήστη. Επίσης πολλές σχετικές μελέτες δείχνουν ότι τα οικεία αντικείμενα παραμένουν στη μνήμη του χρήστη σε σχέση με αφηρημένα αντικείμενα τέχνης.

- Τα ορόσημα πρέπει να είναι ορατά σε όλες τις κλίμακες του εικονικού περιβάλλοντος. Σε ορισμένα περιβάλλοντα μεγάλης κλίμακας, ο χρήστης εξερευνά το χώρο, βλέποντας σε μεγέθυνση ή σμίκρυνση (zoom in, zoom out) τα κομμάτια που τον αποτελούν. Στον σχεδιασμό του εικονικού περιβάλλοντος καλό είναι προβλέπεται αυτή η ενέργεια, έτσι ώστε να προβάλλονται συνεχώς τα ορόσημα.
- Κάθε ορόσημο πρέπει να ξεχωρίζει από τα γειτονικά του αντικείμενα και γενικότερα να διαφέρει από τα άλλα ορόσημα του εικονικού κόσμου.
- Οι πλευρές των οροσήμων πρέπει να είναι διαφορετικές. Οι διαφορές μεταξύ των πλευρών μπορούν να βοηθήσουν τους χρήστες να καθορίσουν τον προσανατολισμό τους.
- Η ιδιαιτερότητα ενός οροσήμου μπορεί να αυξηθεί με την τοποθέτηση άλλων αντικειμένων δίπλα από αυτό.
- Τα ορόσημα καλό είναι να έχουν ορισμένα κοινά στοιχεία, τα οποία ο χρήστης να συγκαταλέγει σε μια ομάδα (σαν να είναι κομμάτια από πάζλ).
- Τα ορόσημα πρέπει να είναι τοποθετημένα σε σημαντικά μονοπάτια του εικονικού περιβάλλοντος καθώς και σε διασταυρώσεις (Darken & Peterson, 2001).
- Η τοποθέτηση των οροσήμων πρέπει να συνθέτουν ένα πλέγμα (grid). Τα ορόσημα καλό είναι να μοιράζονται ομοιόμορφα μέσα σε αυτό τον οριοθετημένο χώρο και να γίνονται αντιληπτά από διάφορες οπτικές γωνίες.
- Ευθυγράμμιση των οροσήμων στους κύριους άξονες του πλέγματος (grid).
- Τα ορόσημα να είναι μεταξύ τους ευθυγραμμισμένα και παράλληλα.

9. Σε εφαρμογές που προορίζονται και για χρήστες με προβλήματα (κινητικά προβλήματα, μειωμένη ακοή, αρχάριοι χρήστες κ.α.)

καλό είναι η πλοήγηση να υποστηρίζεται με εναλλακτικούς τρόπους αλληλεπίδρασης. Γενικότερα η επέκταση των καθιερωμένων δυνατοτήτων αλληλεπίδρασης ενισχύει την απόδοση πλοήγησης οποιαδήποτε χρήστη.

10. Ο ηλεκτρονικός χάρτης ως βοήθημα αποτελεί οικείο στοιχείο για το χρήστη από την πλοήγηση στον πραγματικό κόσμο. Έπειτα είναι εύκολο στη χρήση και παρέχει συνοπτικά τις απαραίτητες πληροφορίες για τη μετακίνηση στον εικονικό χώρο.

Ο ηλεκτρονικός χάρτης καλό είναι να τηρεί ορισμένες σχεδιαστικές οδηγίες έτσι ώστε να μεταφέρει εύκολα στο χρήστη τις πληροφορίες που περιέχει. Συγκεκριμένα:

- Ο χάρτης πρέπει να πληροφορεί το χρήστη για την ακριβή του θέση μέσα στο σύστημα (Darken & Silbert, 1996; Darken & Peterson, 2001; Darken, 1995).
- Πρέπει να υποδεικνύει τα στοιχεία του εικονικού περιβάλλοντος (ορόσημα, διασταυρώσεις κτλ) με οργανωμένο τρόπο (Darken & Silbert, 1996; Darken, 1995).
- Σε περιπτώσεις που χρειάζεται καλό είναι ο χάρτης να περιέχει εικόνες που υποδεικνύουν σημαντικές περιοχές ή ορόσημα του εικονικού περιβάλλοντος ακόμα και κίνηση (Darken & Peterson, 2001).
- Ο χάρτης πρέπει να είναι προσαρμοσμένος στην οπτική γωνία του χρήστη (Darken & Silbert, 1996). Με άλλα λόγια κάθε φορά που στρίβει ο χρήστης πρέπει να στρίβει και ο χάρτης υποδεικνύοντάς του τι βρίσκεται μπροστά του.

Σε έρευνα των H. Sayers et al. (2000) οι χρήστες κλήθηκαν να κάνουν προτάσεις σχετικά με την βελτίωση του συστήματος και οι περισσότεροι πρότειναν έναν χάρτη για να την διευκόλυνση τους στην εύρεση μονοπατιού και στον προσανατολισμό τους.

11. Στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας η εμβύθιση του χρήστη δεν επιτυγχάνεται σε μεγάλο βαθμό. Η αύξηση των οπτικών απόψεων συμβάλλει στην απόκτηση

χωρικής γνώσης και στην ανάπτυξη γνωστικού χάρτη του εικονικού περιβάλλοντος, γεγονός που αυξάνει την απόδοση πλοήγησης του χρήστη.

7.5 Συμπεράσματα

Η χρήση της τεχνολογίας της εικονικής πραγματικότητας συνεχώς αυξάνεται, ιδιαίτερα στα επιτραπέζια συστήματα τα οποία είναι οικονομικώς ανεκτά. Με τη διάδοση αυτή αυξάνεται και η απαίτηση των χρηστών για εύχρηστα εργαλεία και εφαρμογές που διευκολύνουν την πλοήγηση.

Η αξιολόγηση κρίνεται απαραίτητη διαδικασία για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των βοηθημάτων και των διεπαφών που σχεδιάζονται για την υποστήριξη της πλοήγησης του χρήστη.

Καλό είναι η διαδικασία αξιολόγησης ενός συστήματος ή μιας διεπαφής να περιλαμβάνει παραπάνω από μια μεθόδους (π.χ. γνωστική αξιολόγηση σε συνδυασμό με ερωτηματολόγιο ή συνέντευξη του χρήστη) έτσι ώστε να παράγει αξιόπιστα αποτελέσματα. Η μελέτη αξιόπιστων αποτελεσμάτων συμβάλλει στην βελτίωση κάθε εξεταζόμενου συστήματος ή διεπαφής του χρήστη.

Τέλος προκύπτει πως καλό είναι να υιοθετούνται οι απαραίτητες σχεδιαστικές οδηγίες για να αυξάνεται η ευχρηστία της διεπαφής και κατ’ επέκταση η απόδοση πλοήγησης του χρήστη.

8. Πείραμα

Το πρωτότυπο αφορά τις εφαρμογές αρχιτεκτονικής περιήγησης σε επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας. Ερευνά την ευχρηστία του ηλεκτρονικού χάρτη και των οροσήμων ως βοηθήματα πλοήγησης, τα οποία χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα στην παραπάνω κατηγορία.

Τα συγκεκριμένα βοηθήματα επιλέχθηκαν διότι θεωρούνται κατάλληλα για εικονικά περιβάλλοντα μικρής κλίμακας. Επίσης επιλέχθηκαν διότι είναι οικεία στο χρήστη, υπό την έννοια ότι χρησιμοποιούνται συχνά και για μια μετακίνηση στον πραγματικό κόσμο σε ένα άγνωστο περιβάλλον. Με άλλα λόγια ο χρήστης δεν καλείται να μάθει ένα νέο βοηθητικό εργαλείο για να πλοηγηθεί, αλλά βασίζεται σε απλές μεθόδους που χρησιμοποιεί επανειλημμένα στην καθημερινή ζωή. Έπειτα από την μελέτη της παρούσας βιβλιογραφίας προκύπτει πως στον τομέα της αρχιτεκτονικής περιήγησης δεν έχουν πραγματοποιηθεί πολλές μελέτες. Συνεπώς το πειραματικό στάδιο της εργασίας στοχεύει στην εύρεση των προβληματικών περιοχών των βοηθημάτων πλοήγησης όσον αφορά την συγκεκριμένη κατηγορία εικονικών περιβαλλόντων.

Οι χρήστες που έλαβαν μέρος πλοηγήθηκαν σε έναν εικονικό όροφο ακολουθώντας ένα σενάριο χρήσης: έπρεπε να εντοπίσουν τρεις στόχους - έπιπλα με τυχαία σειρά και να τα επιλέξουν χρησιμοποιώντας τον ηλεκτρονικό χάρτη και τα ορόσημα ως βοηθήματα πλοήγησης.

Όσον αφορά την μέτρηση της απόδοσης πλοήγησης καταγράφηκαν: ο χρόνος που χρειάστηκε ο χρήστης για τον εντοπισμό των στόχων καθώς και ο αριθμός που συγκρούστηκε με τους τοίχους του εικονικού ορόφου. Τέλος χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος αξιολόγησης της εξωτερίκευσης σκέψης (Think aloud protocol) σε συνδυασμό με την τεχνική των ερωτηματολογίων.

8.1 Καθορισμός στόχων

Το πρωτότυπο που αναπτύχθηκε στοχεύει να ερευνήσει αρχικά τα προβλήματα πλοήγησης που αντιμετωπίζουν οι χρήστες των επιτραπέζιων συστημάτων εικονικής πραγματικότητας. Επιπρόσθετα αξιολογεί την ευχρηστία του ηλεκτρονικού χάρτη και των ορόσημων ως βοηθήματα πλοήγησης στα αντίστοιχα εικονικά περιβάλλοντα. Επιμέρους στόχος είναι η διερεύνηση της επίδρασης που έχουν ορισμένα χαρακτηριστικά του χρήστη όπως το φύλο, η ηλικία και οι γνώσεις σχετικά με ηλεκτρονικούς υπολογιστές στην απόδοση της πλοήγησης. Γενικότερα εξετάζεται:

- Η ευχρηστία των βοηθημάτων πλοήγησης σε ένα εικονικό περιβάλλον μικρής κλίμακας. Πότε η πλοήγηση είναι ευνοϊκή για το χρήστη (με ή χωρίς βοηθήματα πλοήγησης);
- Η χρησιμότητα των ηλεκτρονικών χαρτών ως βοήθημα πλοήγησης. Στόχος είναι να απαντηθούν τα εξής ερωτήματα: Πόσο χρήσιμοι είναι οι χάρτες στην πλοήγηση του χρήστη; Για ποια εικονικά περιβάλλοντα είναι κατάλληλοι; Ποια στοιχεία (π.χ. αντικείμενα, ορόσημα κ.α.) είναι καλό να περιλαμβάνουν; Ποια σχεδιαστικά χαρακτηριστικά πρέπει να περιλαμβάνουν για να είναι ευανάγνωστοι στους χρήστες;
- Η χρησιμότητα των οροσήμων. Στόχος είναι να απαντηθούν τα ακόλουθα ερωτήματα: Πόσο σημαντικά είναι τα ορόσημα; Αποτελούν βοηθητικό εργαλείο σε όλα τα επιτραπέζια εικονικά περιβάλλοντα; Πόσα χρειάζονται σε ένα εικονικό περιβάλλον μικρής κλίμακας; Τι χαρακτηριστικά πρέπει να έχουν τα ορόσημα για να απομνημονεύονται από το χρήστη και να τον διευκολύνουν στην πλοήγηση;

Ενδέχεται κάποιο βοήθημα να αποτελεί ένα αποτελεσματικότερο εργαλείο πλοήγησης για το χρήστη σε σχέση με το άλλο. Εκτός από τα προβλήματα πλοήγησης και τη χρησιμότητα βοηθητικών εργαλείων, τα αποτελέσματα στοχεύουν στην εύρεση των

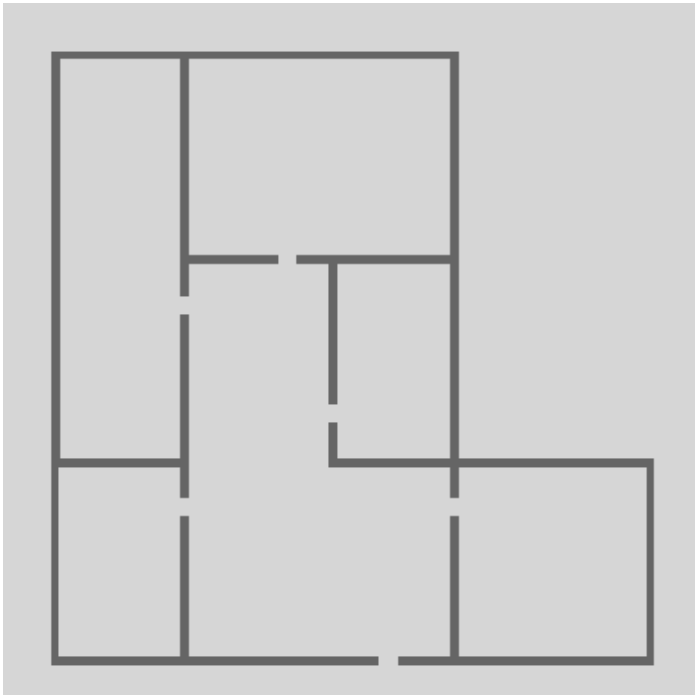
συσχετίσεων που συνδέουν τα προβλήματα πλοήγησης με τα ατομικά χαρακτηριστικά του χρήστη. Στη συνέχεια εξετάζεται:

- Η συμπεριφορά των χρηστών οι οποίοι δεν είναι εξοικειωμένοι με ηλεκτρονικούς υπολογιστές.
- Η επίδραση που ενδέχεται να έχει στην απόδοση πλοήγησης η ηλικία και το φύλο του χρήστη.

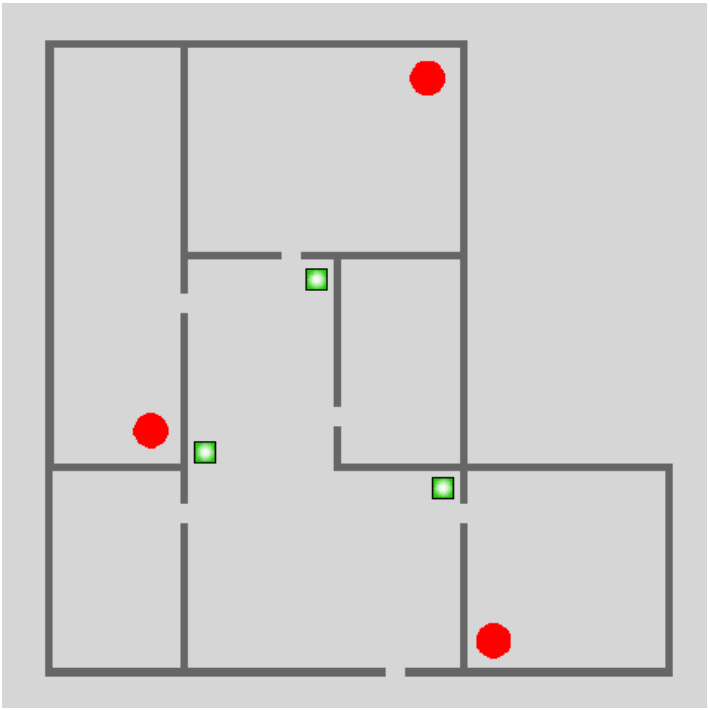
Η ανάπτυξη του πρωτοτύπου βασίζεται σε παρόμοια πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με τα βοηθήματα πλοήγησης και σκοπεύει να συγκεντρώσει αποτελέσματα έτσι ώστε να επιβεβαιώσει διαπιστώσεις που έχουν διατυπωθεί ή να τις καταρρίψει.

8.2 Σχεδιασμός πρωτοτύπου

Για την υλοποίηση του πειράματος κατασκευάστηκε ένας εικονικός όροφος. Ο όροφος δεν αποτελεί αντίγραφο ενός πραγματικού κτιρίου και συνεπώς ήταν ένα άγνωστο περιβάλλον για όσους χρήστες συμμετείχαν στο πείραμα. Το τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον μοντελοποιήθηκε στο πρόγραμμα AutoCAD 2010 και στη συνέχεια εμπλουτίστηκε με διαδραστικά στοιχεία, χρησιμοποιώντας τη γλώσσα VRML (Virtual Reality Modeling Language). Το περιβάλλον απεικονίζει έναν εικονικό όροφο που αποτελείται από πέντε δωμάτια και είναι σε σχήμα L. Ο όροφος περιλαμβάνει τοίχους, πόρτες, ορόσημα καθώς και τους στόχους που πρέπει να εντοπίσει ο χρήστης, χωρίς επιπρόσθετες σχεδιαστικές λεπτομέρειες. Όλοι οι τοίχοι είναι σε γκρι χρώμα χωρίς να διαφέρουν μεταξύ τους ενώ στα έπιπλα-στόχους του χρήστη δόθηκαν τα αντίστοιχα υλικά έτσι ώστε να είναι ευδιάκριτα.



Εικόνα 21. Κάτοψη εικονικού ορόφου χωρίς έπιπλα-στόχους και ορόσημα.

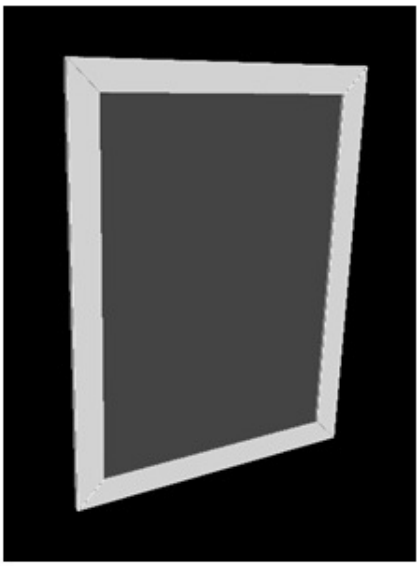


Εικόνα 22. Ο ηλεκτρονικός χάρτης που χρησιμοποιήθηκε ως βοήθημα πλοήγησης, υποδεικνύοντας τους στόχους του χρήστη με κόκκινο κύκλο και τα ορόσημα με πράσινο τετράγωνο.

Μέσα στον όροφο τοποθετήθηκαν τα τρία διαφορετικά έπιπλα-στόχοι σε ξεχωριστό δωμάτιο το καθένα. Τα συγκεκριμένα έπιπλα (καρέκλα, τραπέζι, βιβλιοθήκη) επιλέχθηκαν έτσι ώστε να αποτελούν οικεία αντικείμενα για το χρήστη, γεγονός που όπως υποστηρίζεται βελτιώνουν την απόδοση πλοήγησης του χρήστη (L. Castelli et al., 2008; Chittaro and Scagnetto, 2001).

Εικόνα 23. Έπιπλα - στόχοι που πρέπει να εντοπίσει ο χρήστης. Τα αντικείμενα επιλέχθηκαν έτσι ώστε να αποτελούν οικείες εικόνες για το χρήστη.

Επίσης τοποθετήθηκαν ορισμένα φυτά και καθρέπτες τοίχου έξω από κάθε δωμάτιο που περιλάμβανε ένα από αυτά τα έπιπλα, τα οποία είχαν το ρόλο των τοπικών οροσήμων (local landmarks).



Εικόνα 24. Ως τοπικά ορόσημα χρησιμοποιήθηκαν: ένα φυτό και ένας καθρέφτης τοίχου.

Στον εικονικό όροφο δεν περιλαμβάνονταν παράθυρα ή άλλα έπιπλα εκτός από τους στόχους. Επίσης δεν δόθηκαν υφές (textures) στα αντικείμενα και τους τοίχους του εικονικού ορόφου εκτός από τα έπιπλα-στόχους του χρήστη που έπρεπε με κάποιο τρόπο να ξεχωρίζουν. Ο λόγος που δεν υπήρχαν υφές και γενικότερα σχεδιαστική λεπτομέρεια στον εικονικό όροφο ήταν διότι έπρεπε να διατηρηθεί ομοιομορφία στο χώρο έτσι ώστε να μείνει ο χρήστης ανεπηρέαστος από εξωτερικούς παράγοντες (π.χ. το μεγάλο αριθμό εικονικών αντικειμένων), οι οποίοι υποστηρίζεται πως επηρεάζουν την απόδοση της πλοήγησης (Bowman et al., 2001).
Τέλος η εφαρμογή σχεδιάστηκε με σκοπό να χρησιμοποιηθεί από χρήστες που έχουν ελάχιστες γνώσεις ηλεκτρονικού υπολογιστή, χωρίς να απαιτείται προηγούμενη εμπειρία με εικονικά περιβάλλοντα.

8.3 Αξιολόγηση πρωτοτύπου

Ο στόχος της αξιολόγησης αφορά την ευχρηστία και τη λειτουργικότητα του ηλεκτρονικού χάρτη και των οροσήμων ως

βοηθήματα πλοήγησης του χρήστη. Παράλληλα με τις μεθόδους αξιολόγησης που εφαρμόστηκαν προέκυψαν ποιοτικά και ποσοτικά αποτελέσματα σχετικά με τις δυσκολίες πλοήγησης που αντιμετωπίζει ένας χρήστης επιτραπέζιου συστήματος εικονικής πραγματικότητας καθώς και με την επίδραση που έχουν ορισμένα χαρακτηριστικά του χρήστη στην απόδοση της πλοήγησης.

8.3.1 Μέθοδος αξιολόγησης

Η αξιολόγηση είναι ένα πολύ σημαντικό κομμάτι κάθε εφαρμογής διότι εντοπίζει τα προβληματικά της σημεία. Στο συγκεκριμένο πείραμα για την ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε ο συνδυασμός των παρακάτω μεθόδων:

- Η μέθοδος Think aloud (μέθοδος εξωτερίκευσης της σκέψης), με την οποία οι χρήστες παροτρύνονται να εκφράσουν προφορικά τις σκέψεις και τους προβληματισμούς τους και
- Η μέθοδος των ερωτηματολογίων (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ) με την οποία συλλέγονται οι απόψεις των χρηστών. Οι ίδιοι συμπλήρωσαν τα προσωπικά τους στοιχεία και απάντησαν γραπτά σε μια σειρά ερωτήσεων που αφορούν την πλοήγηση και τα βοηθήματα που χρησιμοποίησαν για την περιήγηση στον εικονικό όροφο.

Το ερωτηματολόγιο περιλάμβανε ερωτήσεις σχετικά με τα βοηθήματα πλοήγησης και κατά πόσο διευκόλυναν το χρήστη καθώς και με την αλληλεπίδραση που είχαν χρησιμοποιώντας τις συγκεκριμένες συσκευές εισόδου. Η κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε στις ερωτήσεις είναι από 1 έως 5 (κακό προς άριστο). Επίσης οι χρήστες είχαν τη δυνατότητα να υποβάλλουν οποιαδήποτε πρόταση βελτίωσης της εφαρμογής, η οποία κατά τη γνώμη τους θα βελτίωνε την απόδοση πλοήγησης.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί πως το εικονικό περιβάλλον μοντελοποιήθηκε με ομοιομορφία και χωρίς έντονη σχεδιαστική

λεπτομέρεια έτσι ώστε να μην επηρεαστεί η απόδοση πλοήγησης των χρηστών από εξωτερικούς παράγοντες (όπως είναι ο μεγάλος αριθμός των εικονικών αντικειμένων), (Bowman et al., 2001).

8.4 Χρήστες

Οι 24 χρήστες που έλαβαν μέρος είναι ηλικίας 17 έως 56 ετών με μέσο όρο ηλικίας 29,9 ετών. Συγκεκριμένα έλαβαν μέρος 12 γυναίκες ηλικίας 16 έως 56 ετών με μέσο όρο ηλικίας 28,7 ετών και 12 άντρες ηλικίας 17 έως 42 ετών με μέσο όρο ηλικίας 31,1 ετών.
Οι χρήστες χωρίστηκαν σε ομάδες ανάλογα με το φύλο, την ηλικία και την εμπειρία τους με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

8.4.1 Χαρακτηριστικά χρηστών

Οι χρήστες που έλαβαν μέρος στο πείραμα χωρίστηκαν σε κατηγορίες ανάλογα με ορισμένα χαρακτηριστικά τα οποία ενδέχεται να επηρεάζουν την απόδοση πλοήγησης. Συγκεκριμένα τα χαρακτηριστικά είναι:

- το φύλο του χρήστη
- η ηλικία του χρήστη

Ανάλογα με την ηλικία οι χρήστες χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες: α) μικρότεροι των 18 ετών β) από 18 έως 40 γ) από 41 έως 55 ετών δ) από 56 και άνω.

- η εμπειρία του χρήστη με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Πρέπει να αναφερθεί πως οι περισσότεροι χρήστες είχαν τις βασικές γνώσεις ηλεκτρονικού υπολογιστή έτσι ώστε να ανταποκριθούν στη διαδικασία της αξιολόγησης των βοηθημάτων πλοήγησης. Από την άλλη πλευρά η μοντελοποίηση του εικονικού ορόφου που ήταν ιδιαίτερα απλή καθώς και οι συσκευές εισόδου του υπολογιστή δεν απέτρεψαν

τους χρήστες χωρίς εμπειρία να συμμετάσχουν σε αυτή τη διαδικασία.

8.5 Εξοπλισμός

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε αποτελείται από ένα φορητό ηλεκτρονικό υπολογιστή και ένα ασύρματο ποντίκι. Ο υπολογιστής έχει 15,6 ίντσες οθόνη και 3 Giga RAM. Κάθε συμμετέχων είχε οριζόντιο πεδίο όρασης περίπου 40 μοίρες μέσα στο εικονικό περιβάλλον ενώ το ύψος της ενσάρκωσης του χρήστη ήταν 1,70 μέτρα. Η αλληλεπίδραση του χρήστη επιτυγχάνεται από τις βασικές συσκευές εισόδου του υπολογιστή: το ποντίκι και το πληκτρολόγιο. Η κίνηση ελέγχεται από το ποντίκι ή από τα τέσσερα βέλη μετατόπισης του πληκτρολογίου. Επίσης υπήρχε η δυνατότητα του συνδυασμού των δύο συσκευών εισόδου, όπου ο χρήστης μπορούσε να κινηθεί με τα βέλη μετατόπισης και να επιλέγει τους στόχους (έπιπλα) με το ποντίκι. Η πλοήγηση στη VRML όσον αφορά το μηχανικό κομμάτι travel, πραγματοποιήθηκε με την τεχνική της περιδιάβασης (walking) που ήταν προκαθορισμένη. Με τη συγκεκριμένη τεχνική πλοήγησης η κίνηση του χρήστη περιορίζεται γενικά πάνω στο ύψος του εδάφους, όπως συμβαίνει και στην πραγματικότητα.

8.6 Σενάριο χρήσης

Όλοι οι χρήστες ακολούθησαν ένα κοινό σενάριο χρήσης. Κάθε χρήστης πρέπει να περιηγηθεί στον εικονικό όροφο χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα τα δύο βοηθήματα πλοήγησης. Ο χρήστης καλείται να εντοπίσει τα τρία έπιπλα - στόχους που τοποθετήθηκαν στον εικονικό όροφο με οποιαδήποτε σειρά τα συναντήσει και να τα επιλέξει με το ποντίκι. Ανάμεσα στα εικονικά αντικείμενα υπήρχε δυνατότητα επιλογής μόνο για τους στόχους έπιπλα. Τα ορόσημα δεν μπορούσαν

να επιλεχθούν από το χρήστη. Ο ηλεκτρονικός χάρτης τοποθετήθηκε κάτω και αριστερά στην οθόνη του χρήστη και ήταν ημιδιάφανος έτσι ώστε ο ίδιος να βλέπει παράλληλα και το χάρτη και το χώρο του εικονικού περιβάλλοντος που καλύπτει. Ο χάρτης περιλάμβανε τους στόχους και τα ορόσημα έτσι ώστε να καθοδηγείται και να ολοκληρωθούν οι διεργασίες πλοήγησης.

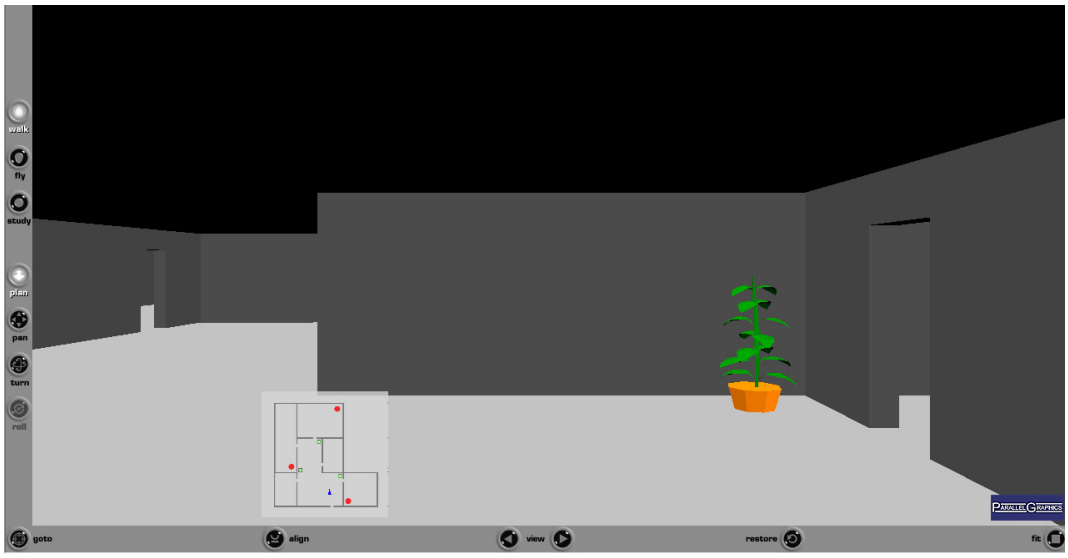
8.7 Μετρήσεις

Οι μετρήσεις που καταγράφηκαν για την απόδοση πλοήγησης του χρήστη ήταν:

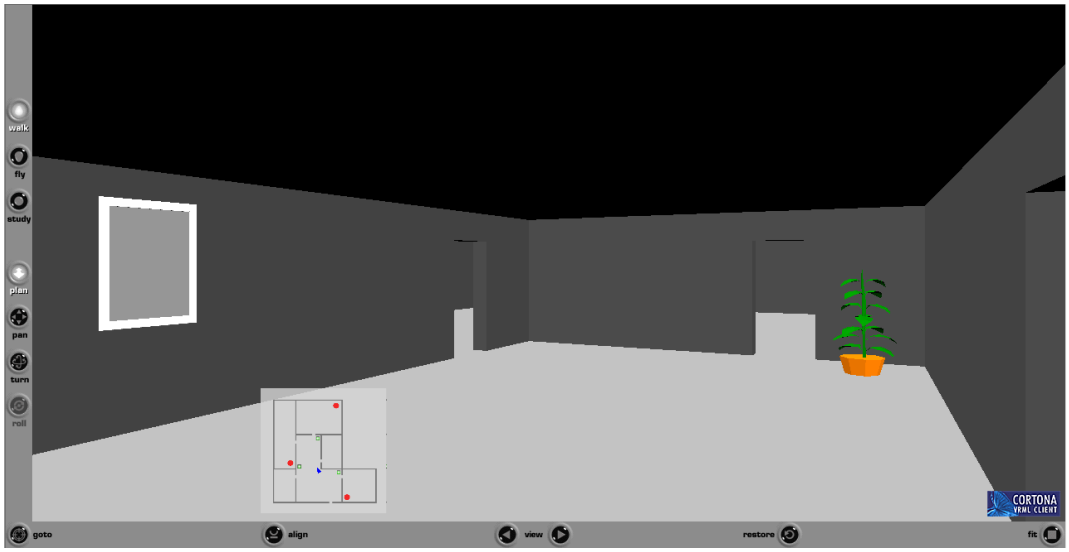
- ο χρόνος που χρειάστηκε για να βρει τους στόχους. Ο χρόνος μετρήθηκε σε δευτερόλεπτα και κρατήθηκαν δύο δεκαδικά ψηφία για την στρογγυλοποίηση του.
- ο αριθμός συγκρούσεων (collision) του χρήστη με τους τοίχους του ορόφου. Η αποτροπή με συγκρούσεις τοίχων και αντικειμένων εφαρμόστηκε έτσι ώστε ο χρήστης να μην κινείται ενδιάμεσα από επιφάνειες και αντικείμενα και αποπροσανατολίζεται και παράλληλα με σκοπό να μιμηθεί την πραγματικότητα.

8.8 Διαδικασία

Αρχικά οι χρήστες είχαν ορισμένο χρόνο στη διάθεσή τους έτσι ώστε να εξοικειωθούν με τον χειρισμό της κίνησης της εφαρμογής. Ο χρόνος αυτός ήταν περίπου 2 λεπτά ενώ η συνολική διαδικασία της αξιολόγησης είχε διάρκεια από 5 έως 10 λεπτά, ανάλογα με την απόδοση του κάθε χρήστη. Έπειτα οι ίδιοι ξεκινούσαν να περιηγούνται στον εικονικό όροφο ακολουθώντας το σενάριο χρήσης.

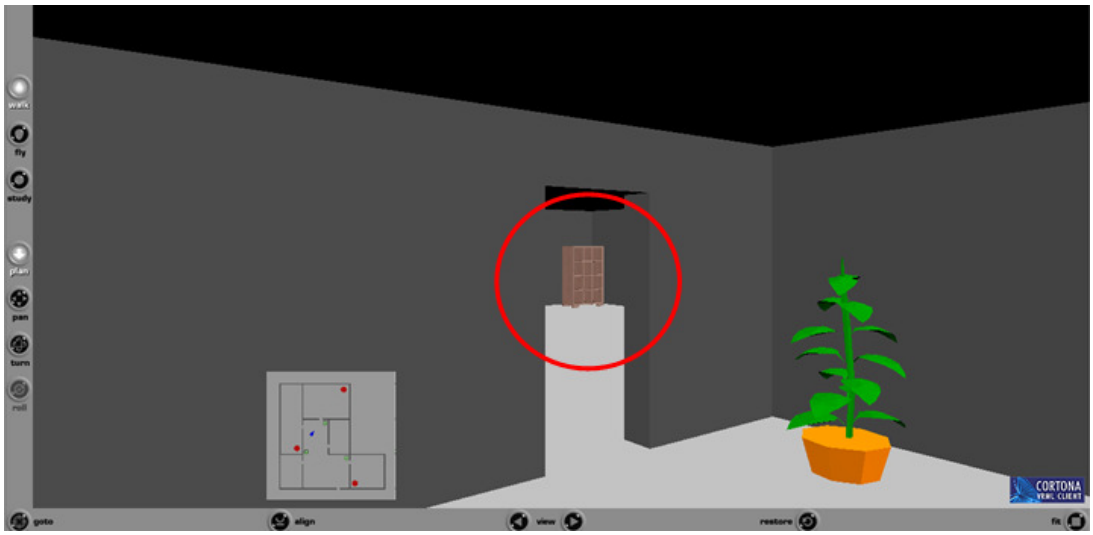


Εικόνα 25. Οπτική γωνία του εικονικού ορόφου που τοποθετείτε ο χρήστης κατά την έναρξη.



Εικόνα 26. Η πορεία του χρήστη στον εικονικό όροφο κοιτάζοντας τον ηλεκτρονικό χάρτη.

Οι χρήστες έπρεπε να εντοπίσουν τα έπιπλα - στόχους με τη βοήθεια ενός ηλεκτρονικού χάρτη και ορισμένων οροσήμων. Μόλις έβρισκαν ένα στόχο έπρεπε να τον επιλέξουν και στη συνέχεια να αναζητήσουν τον επόμενο. Η σειρά εντοπισμού των στόχων δεν έπαιζε ρόλο στην απόδοση της πλοήγησης και στην αξιολόγηση των βοηθημάτων.



Εικόνα 27. Πλησιάζοντας έναν από τους τρεις στόχους. Η επιλογή του πραγματοποιούνταν με το δείκτη του ποντικιού.

Το πρωτότυπο δοκιμάστηκε μεμονωμένα από κάθε χρήστη και όχι σε ομαδικό επίπεδο. Κατά την διάρκεια της περιήγησης στον εικονικό όροφο οι χρήστες παροτρύνθηκαν να εκφράζουν τις σκέψεις τους καθώς τις δυσκολίες που αντιμετώπιζαν έτσι ώστε να καταγραφούν οι αντιδράσεις τους.

Αφού ολοκληρώθηκε η παραπάνω διαδικασία κάθε χρήστης συμπλήρωσε ένα ερωτηματολόγιο το οποίο σχεδιάστηκε με σκοπό να συγκεντρώσει δημογραφικά στοιχεία και ερωτήσεις σχετικά με την αξιολόγηση των βοηθημάτων πλοήγησης που εφαρμόστηκαν.

8.9 Υποθέσεις

Η μελέτη της βιβλιογραφίας και οι έρευνες αντίστοιχων πειραματικών διαδικασιών με αντικείμενο την αξιολόγηση των ηλεκτρονικών χαρτών και των ορόσημων ως βοηθημάτων πλοήγησης σε επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας, οδηγεί στις παρακάτω υποθέσεις:

- ο ηλεκτρονικός χάρτης βελτιώνει την απόδοση πλοήγησης του χρήστη και αποτρέπει τον αποπροσανατολισμό (Ruddle et al.,

1997; Ruddle et al., 1998; Chittaro & Scagnetto, 2001; Darken & Peterson, 2001; A. Sebok et al., 2004; Chittaro & Venkataraman, 2006; C.-H. Chen et al., 2009).

- τα ορόσημα διευκολύνουν την πλοήγηση του χρήστη (Ruddle et al., 1997; Darken & Peterson, 2001; Chittaro and Scagnetto, 2001; A. Sebok et al., 2004; L. Castelli et al., 2008).
- οι χρήστες με εμπειρία στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές παρουσιάζουν μεγαλύτερη απόδοση πλοήγησης σε σχέση με τους αρχάριους χρήστες (Modjeska & Chignell, 2003; M. Sjolinder et al., 2005; Bay & Ziefle, 2008).
- οι άντρες σημειώνουν υψηλότερη απόδοση πλοήγησης σε σχέση με τις γυναίκες (C.A. Lawton, 1996; Waller et al., 1998; A. Bosco et al., 2004; L. Castelli et al., 2008; Ruddle & Lessels, 2009).
- οι ηλικιωμένοι χρήστες έχουν χαμηλότερη απόδοση πλοήγησης από τους νεότερους ακόμα και αν έχουν εμπειρία με ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Το γεγονός αυτό πιθανών να οφείλεται στη μείωση των αισθήσεων που προκαλεί η αύξηση της ηλικίας (π.χ. μείωση της όρασης), (Stanney et al., 1998; Moffat et al. 2001; M. Sjolinder et al., 2005; R. Pak et al., 2008).

8.10 Αποτελέσματα – Συγκέντρωση και ερμηνεία

Αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία πλοήγησης από όλους τους χρήστες και συμπληρώθηκαν τα ερωτηματολόγια, πραγματοποιήθηκε ένας διαχωρισμός των στοιχείων σε σχέση με τους αρχικούς στόχους που τέθηκαν έτσι ώστε να ερμηνευθούν τα αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα ταξινομούνται παρακάτω σε γενικές παρατηρήσεις που προέκυψαν ενώ στη συνέχεια αναλύονται εκτενέστερα και συγκρίνονται με τη μορφή διαγραμμάτων. Έπειτα καταγράφονται τα

γενικά αποτελέσματα και συσχετίζονται με τους στόχους της αξιολόγησης καθώς και με τις υποθέσεις που διατυπώθηκαν παραπάνω. Τέλος γίνεται σύγκριση με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από παρόμοιες μελέτες και διατυπώνονται προτάσεις όσον αφορά την βελτίωση της απόδοσης πλοήγησης του χρήστη.

8.10.1 Γενικά αποτελέσματα - παρατηρήσεις

Οι χρήστες γενικά προσαρμόστηκαν σύντομα στις απαιτήσεις του εικονικού περιβάλλοντος και οι περισσότεροι το χαρακτήρισαν εύκολο όσον αφορά το βαθμό δυσκολίας που το αντιπροσώπευε. Επιπρόσθετα όλοι οι χρήστες κατάφεραν να ολοκληρώσουν τη διαδικασία που τους ζητήθηκε ανεξάρτητα βέβαια από το χρόνο που χρειάστηκαν και τον αριθμό συγκρούσεων που σημείωσαν. Τα περισσότερα προβλήματα πλοήγησης που δημιουργήθηκαν οφείλονταν στο περιορισμένο πεδίο όρασης του χρήστη, το οποίο δεν διευκόλυνε στην αντίληψη του χώρου και στην ανάπτυξη της χωρικής γνώσης.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ταξινομούνται παρακάτω με βάση τις απαντήσεις των χρηστών από τα ερωτηματολόγια και την μέθοδο εξωτερίκευσης σκέψης:

- Χρόνος εξοικείωσης: Ο χρόνος εξοικείωσης με τον εικονικό όροφο θεωρήθηκε αρκετός από τους χρήστες για την συγκεκριμένη εφαρμογή και παράλληλα προέκυψε πως έχει θετική επίδραση στην μετέπειτα πλοήγηση. Ελάχιστοι χρήστες θα ήθελαν παραπάνω χρόνο για την εξοικείωση με την εφαρμογή, οι οποίοι δεν έχουν εμπειρία με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές.
- Εμπειρία με ηλεκτρονικούς υπολογιστές: Οι περισσότεροι χρήστες είχαν τις βασικές γνώσεις για το χειρισμό του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Αρκετοί από αυτούς είχαν εμπειρία με εικονικά περιβάλλοντα τα οποία ήταν κυρίως τρισδιάστατα

ηλεκτρονικά παιχνίδια ή γεωγραφικές περιηγήσεις (Google earth). Επίσης ελάχιστοι από αυτούς είχαν ασχοληθεί με εικονικά περιβάλλοντα τα οποία προσομοιώνουν πτήσεις, αφορούν αρχιτεκτονικές περιηγήσεις ή αναπαριστούν εικονικούς κόσμους συνομιλίας (Second Life).

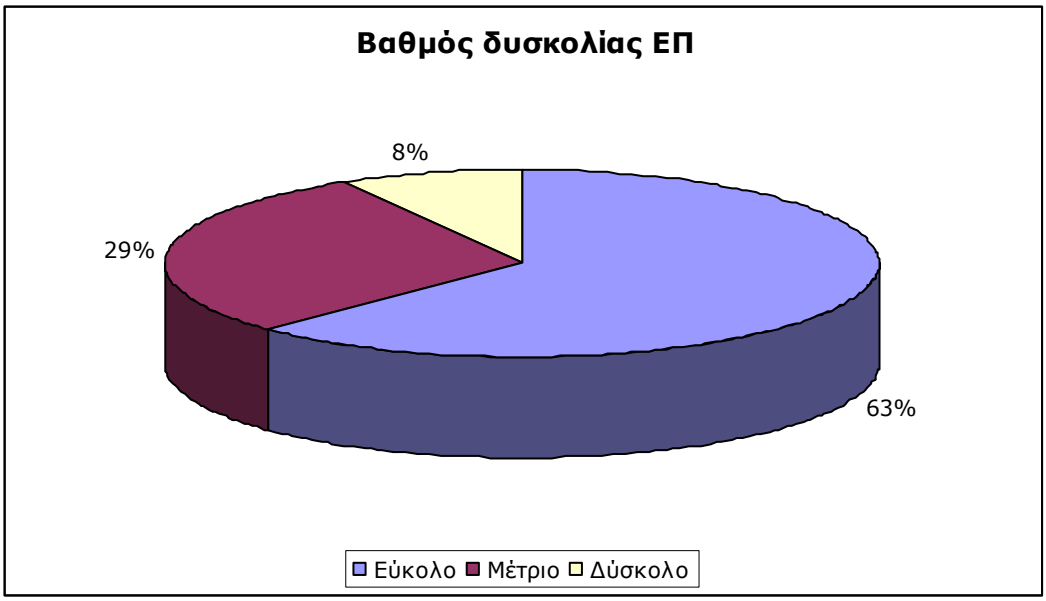
- Χειρισμός κίνησης: Σχετικά με τον έλεγχο της κίνησης ο συνδυασμός του ποντικού και των βελών μετατόπισης του πληκτρολογίου αποτέλεσε θετικό στοιχείο διότι έδινε τη δυνατότητα εναλλακτικής επιλογής στο χειρισμό της κίνησης. Οι περισσότεροι πλοηγήθηκαν με τα βέλη και επέλεγαν τους στόχους με το δείκτη του ποντικιού ενώ αρκετοί προτίμησαν την αλληλεπίδραση χρησιμοποιώντας μόνο μία συσκευή: το ποντίκι. Από την άλλη πλευρά επειδή οι βασικές συσκευές εισόδου του υπολογιστή δεν προσφέρουν μεγάλη ακρίβεια στην κίνηση, η πλοήγηση καθυστερούσε διότι ενώ οι χρήστες αντιλαμβανόντουσαν το χώρο, έπρεπε να εκτελέσουν πολλές κινήσεις έτσι ώστε να τοποθετηθούν σωστά στο χώρο και να προχωρήσουν. Επίσης η προκαθορισμένη ταχύτητα της κίνησης κρίθηκε δυσανάλογη από ορισμένους χρήστες. Για τις κατευθύνσεις εμπρός και πίσω η ταχύτητα θεωρήθηκε γρήγορη από κάποιους ενώ για τη στροφή δεξιά και αριστερά θεωρήθηκε πιο αργή και κατ' επέκταση ελεγχόμενη. Αντίθετη άποψη είχαν άλλοι χρήστες που υποστήριξαν ότι η ταχύτητα στις κατευθύνσεις εμπρός και πίσω πρέπει να είναι πιο γρήγορη διότι ο χρήστης συνειδητά απομακρύνεται ή πλησιάζει σε ένα στόχο, ενώ όταν στρίβει πρέπει να κινείται πιο αργά έτσι ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη ακρίβεια στην κίνηση.
- Μετακίνηση του χρήστη: Οι περισσότεροι χρήστες αντιμετώπισαν προβλήματα όταν έπρεπε να περάσουν μέσα από πόρτες διότι χτυπούσαν στις γωνίες. Το περιορισμένο πεδίο όρασης δεν συνέβαλε στον σωστό υπολογισμό των αποστάσεων με αποτέλεσμα οι χρήστες να φρακάρουν στις

πόρτες. Το ίδιο συνέβαινε και όταν οι χρήστες πλησίαζαν πολύ κοντά σε ένα στόχο, ο οποίος μπορεί να μην φαινόταν ολόκληρος στην οθόνη του υπολογιστή. Συνεπώς για να αποφύγουν τον αποπροσανατολισμό αναγκάζονταν να απομακρυνθούν αρκετά από το στόχο έτσι ώστε να ελέγξουν το χώρο από κάποια απόσταση. Μια πρόταση για την αποφυγή του παραπάνω προβλήματος, η οποία υποστηρίζεται από ορισμένες εφαρμογές σύμφωνα με τους χρήστες, είναι η ευθυγράμμιση του χρήστη με το κενό της πόρτας. Με άλλα λόγια το ίδιο το σύστημα θα μπορούσε να αντιλαμβάνεται τη δυσκολία πλοήγησης του χρήστη όταν παραδειγματικά ακινητοποιείται σε μια πόρτα και να την υποστηρίζει. Επίσης καλό θα ήταν ο χρήστης να έχει τη δυνατότητα να κοιτάει πάνω και κάτω εκτός από τις κατευθύνσεις δεξιά και αριστερά.

- Βοηθήματα πλοήγησης: Όσον αφορά τα βοηθήματα πλοήγησης ο χάρτης διευκόλυνε περισσότερο την πλοήγηση σε σχέση με τα ορόσημα, τα οποία για αρκετούς χρήστες ήταν απαρατήρητα. Τα ίδια χαρακτηρίστηκαν από τους χρήστες μικρά και διακριτικά όμως τοποθετήθηκαν σε εμφανή σημεία του εικονικού ορόφου. Καλό θα ήταν να σχεδιάζονται με βάση ορισμένες προδιαγραφές (Vinson, 1999) έτσι ώστε να ξεχωρίζουν και να αποτυπώνονται στη μνήμη του χρήστη. Έπειτα δεν επηρέασαν ιδιαίτερα την πλοήγηση εφόσον χρησιμοποιήθηκαν σε ένα σχεδιαστικά απλό περιβάλλον. Θα ήταν απαραίτητη η παρουσία τους σε ένα μεγαλύτερο και σύνθετο εικονικό περιβάλλον, όπου ο χρήστης θα έπρεπε να διαχειριστεί πολλές πληροφορίες για να συσχετίσει περιοχές και να επιλέξει την κατάλληλη διαδρομή. Από την άλλη πλευρά ο ηλεκτρονικός χάρτης κρίθηκε ως απαραίτητο εργαλείο πλοήγησης για μικρής και μεγάλης κλίμακας εικονικά περιβάλλοντα. Σχετικά με την σχεδίασή του προκύπτει πως πρέπει να υπάρχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια στην

αποτύπωση του εικονικού περιβάλλοντος στο χάρτη. Έπειτα η ένταξη των στόχων και των οροσήμων (όταν υπάρχουν) μέσα στον ηλεκτρονικό χάρτη ενισχύουν την πλοήγηση του χρήστη διότι προσφέρουν τα δεδομένα του περιβάλλοντος σε συσχετισμένες αποστάσεις. Στην περίπτωση που ο χάρτης υποδεικνύει τη θέση που βρίσκεται ο χρήστης σε πραγματικό χρόνο, καλό είναι να αναπαριστάται με ένα σύμβολο το οποίο να είναι ευανάγνωστο και ευδιάκριτο.

Τέλος οι χρήστες επί το πλείστον χαρακτήρισαν εύκολο τον εικονικό όροφο, λιγότεροι από τους μισούς τον θεώρησαν μέτριου βαθμού δυσκολίας ενώ ελάχιστοι από αυτούς τον έκριναν δύσκολο.



Εικόνα 10. Βαθμός δυσκολίας εικονικού περιβάλλοντος σύμφωνα με τους χρήστες.

8.10.2 Αποτελέσματα αξιολόγησης

Η αξιολόγηση βασίστηκε στην μέθοδο εξωτερίκευσης σκέψης και στην τεχνική των ερωτηματολογίων. Συλλέχτηκαν ποιοτικά και ποσοτικά αποτελέσματα με σκοπό την εξέταση της ευχρηστίας των βοηθημάτων πλοήγησης που επιλέχθηκαν για το συγκεκριμένο εικονικό περιβάλλον. Παράλληλα προέκυψαν αποτελέσματα και

συμπεράσματα σχετικά με τα προβλήματα πλοήγησης του χρήστη στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας και με την επίδραση που έχουν ορισμένα χαρακτηριστικά του χρήστη (φύλο, ηλικία και εμπειρία με Η/Υ) στην απόδοση πλοήγησης.

8.10.2.1 Αξιολόγηση του ηλεκτρονικού χάρτη ως βοήθημα πλοήγησης του χρήστη

Ο ηλεκτρονικός χάρτης χρησιμοποιήθηκε από όλους τους χρήστες ως βοήθημα πλοήγησης και σε γενικές γραμμές κρίθηκε ως 'πολύ καλό' εργαλείο. Οι χρήστες έμειναν πολύ ικανοποιημένοι από τη λειτουργία του και οι περισσότεροι δήλωσαν ότι δεν θα μπορούσαν να περιηγηθούν στο χώρο χωρίς αυτόν. Ο χάρτης διευκόλυνε ιδιαίτερα τον προσανατολισμό του χρήστη και συνέβαλε στην ανάπτυξη χωρικής γνώσης του εικονικού περιβάλλοντος. Το γεγονός ότι περιλάμβανε τους στόχους-έπιπλα που αναζητούσε ο χρήστης καθώς και τα ορόσημα αποτέλεσε θετικό στοιχείο στην απόδοση πλοήγησης. Συνεπώς ο ηλεκτρονικός χάρτης καλό είναι να περιλαμβάνει πολλές οπτικές πληροφορίες και στοιχεία που θεωρούνται απαραίτητα για την πλοήγηση του χρήστη όπως στόχοι, ορόσημα, εικονικά αντικείμενα και πιθανοί τελικοί προορισμοί.

Εικόνα 11. Αξιολόγηση του ηλεκτρονικού χάρτη ως βοήθημα πλοήγησης - απαντήσεις των χρηστών από τα ερωτηματολόγια.

Από την άλλη πλευρά παρατηρήθηκαν ορισμένες ελλείψεις του ηλεκτρονικού χάρτη που ενόχλησαν τους χρήστες κατά την πλοήγηση. Συγκεκριμένα:

- Δεν υπήρχε απόλυτη ακρίβεια στην αποτύπωση του εικονικού περιβάλλοντος πάνω στο χάρτη, γεγονός που γινόταν αισθητό κυρίως σε γωνίες και κοντά σε πόρτες. Επίσης παρατηρήθηκε και σε περιοχές που είχαν τοποθετηθεί ορισμένα από τα εικονικά αντικείμενα, τα οποία ουσιαστικά είχαν μια μικρή απόκλιση σε σχέση με το χάρτη.
- Το μέγεθος του ηλεκτρονικού χάρτη ενώ αρχικά σχεδιάστηκε έτσι ώστε να βρίσκεται σε αναλογία με το μέγεθος της οθόνης του υπολογιστή, θεωρήθηκε ανεπαρκές από μερικούς χρήστες. Πρέπει να αναφερθεί πως οι χρήστες που αδυνατούσαν να διαβάσουν με άνεση το χάρτη είχαν μειωμένη όραση (είτε λόγω ηλικίας είτε λόγω προβλήματος μυωπίας).
- Το μπλε τρίγωνο που υποδείκνυε στο χρήστη τη θέση του στο χάρτη κρίθηκε μικρό σαν μέγεθος και ανακριβές σαν σχήμα. Το τρίγωνο ήταν ισοσκελές με αποτέλεσμα ο χρήστης συχνά να

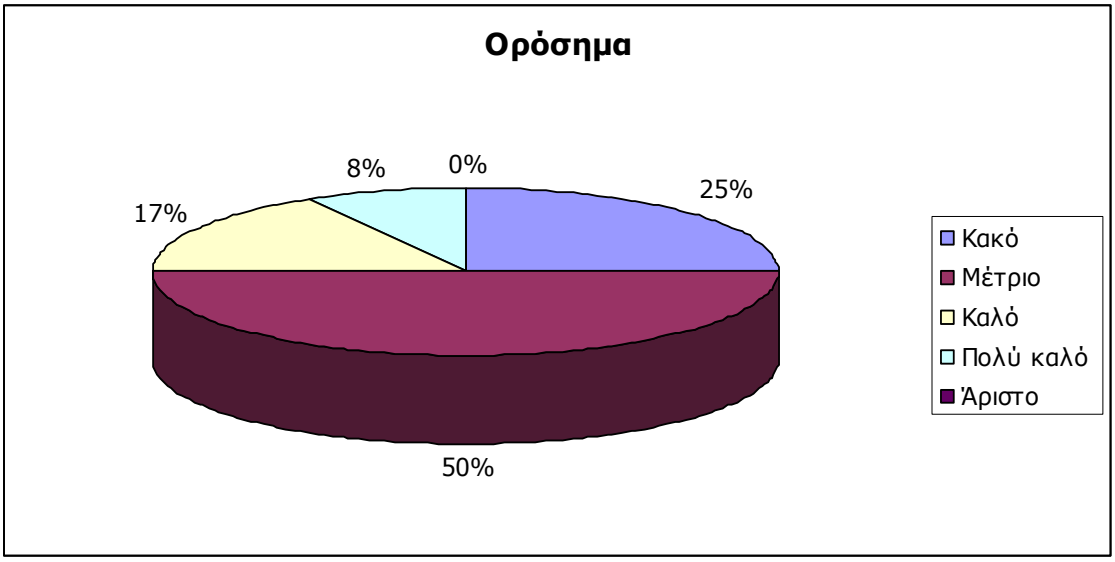
συμβουλεύεται μια λάθος γωνία για τον προσανατολισμό του. Σε γενικές γραμμές οι ίδιοι οι χρήστες εξέφρασαν την άποψη πως ένα σύμβολο με ένα μοναδικό βέλος που θα έδειχνε την πορεία, πιθανών να λειτουργούσε αποδοτικότερα.

8.10.2.2 Αξιολόγηση των οροσήμων ως βοήθημα πλοήγησης του χρήστη

Τα ορόσημα σε γενικές γραμμές δεν συνέβαλαν ιδιαίτερα στον προσανατολισμό και στην απόδοση της πλοήγησης του χρήστη. Οι κριτικές που συγκέντρωσε ήταν χαμηλές ενώ αρκετοί δήλωσαν πως δεν τα παρατήρησαν καθόλου και περιηγήθηκαν με βάση το χάρτη. Μια πιθανή εξήγηση για την αναποτελεσματικότητά τους είναι το μικρό πλήθος των οροσήμων που τοποθετήθηκε στον εικονικό όροφο καθώς και η επιλογή των συγκεκριμένων εικονικών αντικειμένων. Με άλλα λόγια οι χρήστες που αναζητούσαν έπιπλα ως στόχους, πιθανών να χρειάζονταν περισσότερο ορόσημα διαφορετικής μορφής όπως ένα παράθυρο που είναι ένα σταθερό στοιχείο και να αποτελεί σημείο αναφοράς ή ίσως ένα έντονο χρώμα ή ένα υλικό (texture) που θα λειτουργούσε ως ορόσημο (Darken & Peterson, 2001; Vinson, 1999; Elvins et al., 2001).

Βέβαια τα συγκεκριμένα αντικείμενα που επιλέχθηκαν ως ορόσημα είναι αντικείμενα από την καθημερινή ζωή έτσι ώστε να είναι οικεία στα μάτια του χρήστη, γεγονός που υποστηρίζεται πως βοηθάει την πλοήγηση (L. Castelli et al., 2008; Chittaro and Scagnetto, 2001). Από την άλλη πλευρά τα τοπικά ορόσημα (local landmarks) ίσως να μην είναι κατάλληλα ως βοήθημα πλοήγησης σε εικονικά περιβάλλοντα μικρής κλίμακας και περιορισμένων ορίων όπως ήταν η συγκεκριμένη εφαρμογή. Τα γενικά ορόσημα (global landmarks) τα οποία χαρακτηρίζονται από την ιδιότητα να είναι ορατά από οποιαδήποτε οπτική γωνία του εικονικού περιβάλλοντος, θεωρούνται κατάλληλα για περιβάλλοντα μεγάλης κλίμακας και έχει παρατηρηθεί

πως η παρουσία τους είναι πάντα ευεργετική για την πλοήγηση του χρήστη.



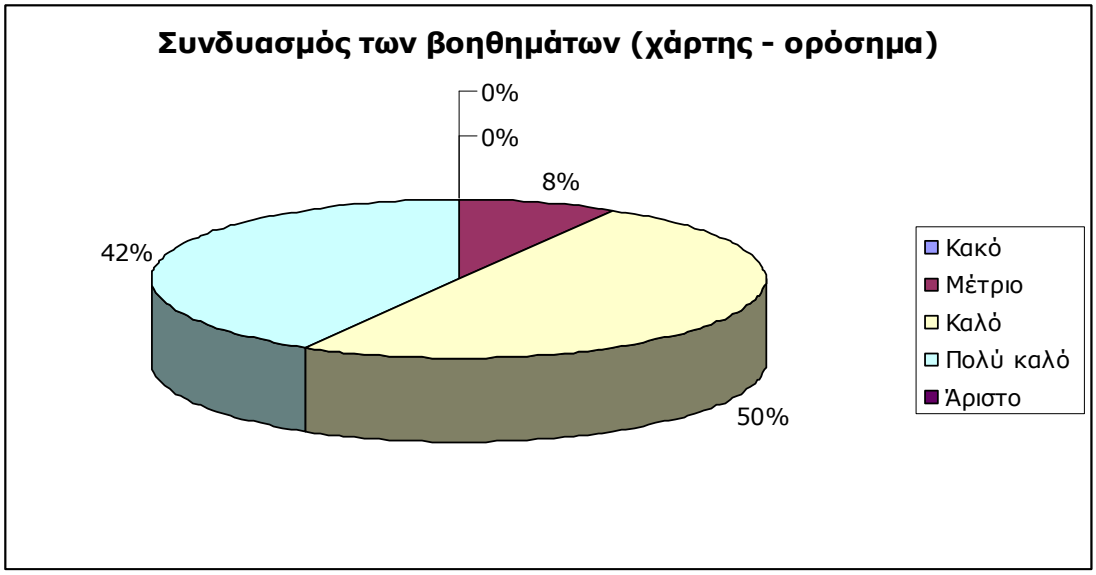
Εικόνα 12. Αξιολόγηση των οροσήμων ως βοήθημα πλοήγησης - απαντήσεις χρηστών από τα ερωτηματολόγια.

Γενικότερα καλό θα ήταν τα ορόσημα που χρησιμοποιούνται ως βοήθημα πλοήγησης του χρήστη, να ακολουθούν ορισμένες σχεδιαστικές οδηγίες (Vinson, 1999) έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η αποτελεσματικότητά τους. Επιπρόσθετος λόγος των σχεδιαστικών οδηγιών που πρέπει να ακολουθούν είναι για να αποτυπώνονται στη μνήμη του χρήστη και κατ' επέκταση να διευκολύνουν την ανάπτυξη της χωρικής γνώσης του εικονικού περιβάλλοντος (Darken & Peterson, 2001; Ruddle et al., 1997).

8.10.2.3 Αξιολόγηση του συνδυασμού των βοηθημάτων πλοήγησης του πρωτοτύπου (ηλεκτρονικός χάρτης – ορόσημα)

Ο συνδυασμός των βοηθημάτων είχε σε γενικές γραμμές θετική επίδραση στην απόδοση πλοήγησης των χρηστών. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην παρουσία κυρίως του ηλεκτρονικού χάρτη που

κρίθηκε απαραίτητος για την πλοήγηση από τους χρήστες. Στην περίπτωση που η πλοήγηση πραγματοποιούνταν μόνο με τα συγκεκριμένα ορόσημα που επιλέχθηκαν, υποστηρίζεται πως η απόδοση των χρηστών θα ήταν μειωμένη με σημαντική διαφορά.



Εικόνα 13. Συνδυασμός των βοηθημάτων πλοήγησης (ηλεκτρονικός χάρτης - ορόσημα) - Απαντήσεις χρηστών από τα ερωτηματολόγια.

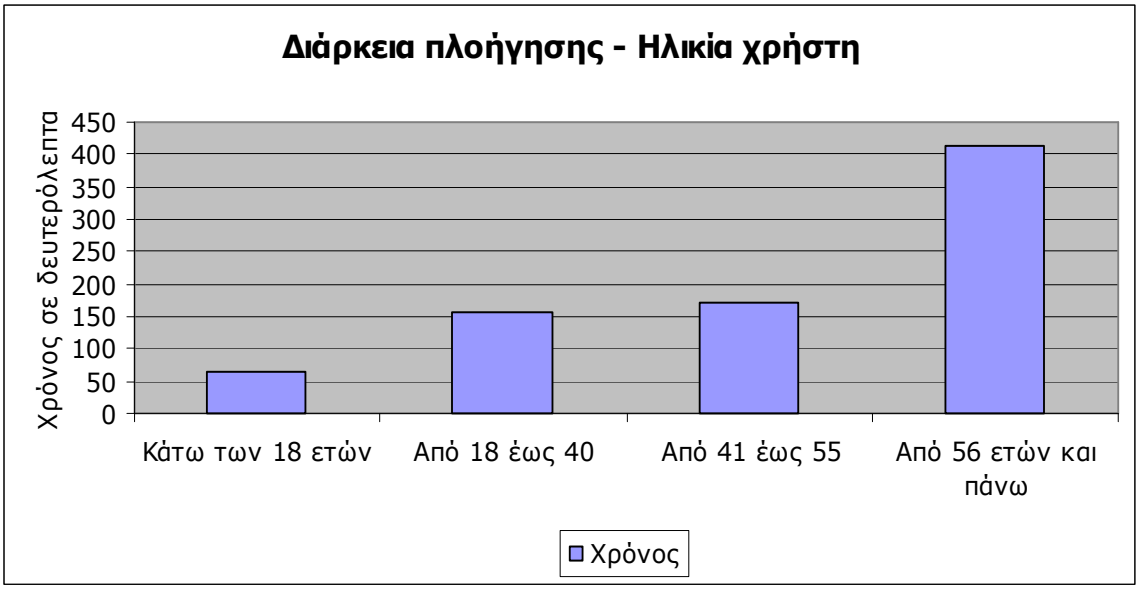
Στην παραπάνω εικόνα παρουσιάζεται το γράφημα με τις απαντήσεις των χρηστών από τα ερωτηματολόγια σχετικά με τον συνδυασμό των βοηθημάτων και την επίδραση που είχαν στην απόδοση της πλοήγησής τους. Σε γενικές γραμμές οι κριτικές που αποκομίστηκαν ήταν καλές και οφείλονται στην ευχρηστία του ηλεκτρονικού χάρτη.

8.10.2.4 Απόδοση πλοήγησης σε σχέση με την ηλικία του χρήστη

Οι χρήστες χωρίστηκαν σε τέσσερις ηλικιακές ομάδες: α) μικρότεροι των 18 ετών β) από 18 έως 40 γ) από 41 έως 55 ετών δ) από 56 και άνω. Το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος των χρηστών ανήκει στην δεύτερη ομάδα. Όπως παρατηρείται από τα παρακάτω διαγράμματα η

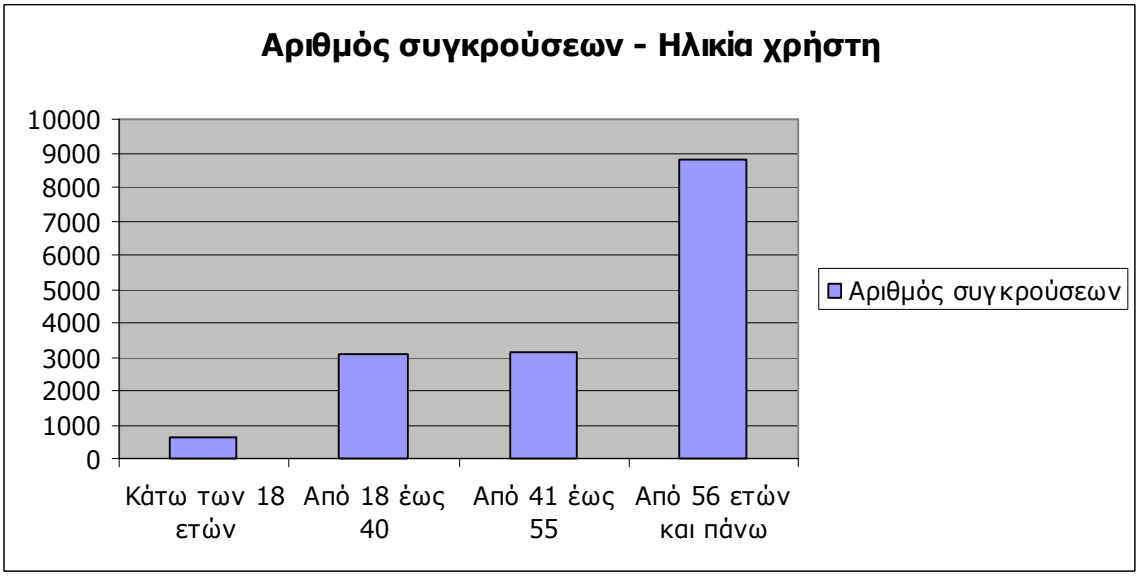
απόδοση πλοήγησης των χρηστών μειώνεται όσο αυξάνεται η ηλικία. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα της αξιολόγησης είναι σύμφωνο με παρόμοιες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με την επίδραση της ηλικίας στην απόδοση της πλοήγησης του χρήστη (Stanney et al., 1998; M. Sjolinder et al., 2005; R. Pak et al., 2008; Moffat et al. 2001). Οι χρήστες που ανήκουν στην τέταρτη ομάδα χρηστών (μεγαλύτερης ηλικίας) χρειάστηκαν πολύ χρόνο για να εντοπίσουν τους στόχους ενώ αντίθετα οι χρήστες της πρώτης ομάδας χρειάστηκαν πολύ λίγο χρόνο. Το ίδιο παρατηρήθηκε και στον αριθμό των συγκρούσεων που σημείωσαν οι συγκεκριμένες ομάδες.

Οι χρήστες της πρώτης ομάδας (κάτω των 18 ετών) χρειάστηκαν λίγο χρόνο για να ολοκληρώσουν την διαδικασία εντοπισμού των στόχων και γενικότερα προσαρμόστηκαν με μεγάλη ευκολία στις απαιτήσεις του εικονικού περιβάλλοντος και τον χειρισμό της κίνησης. Η πρώτη ομάδα χαρακτηρίζεται από χρήστες νεαρής ηλικίας οι οποίοι είναι ιδιαίτερα εξοικειωμένοι με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και την τεχνολογία. Αντίθετα οι χρήστες της τέταρτης ομάδας χρειάστηκαν αρκετό χρόνο να αντιληφθούν τον εικονικό χώρο και εκτέλεσαν πολλές φορές ίδιες κινήσεις προκειμένου να εντοπίσουν το στόχο. Επίσης χρειάστηκαν ιδιαίτερα αναλυτικές οδηγίες σχετικά με όλη την διαδικασία πλοήγησης ενώ σε δυσκολίες που αντιμετώπισαν όσον αφορά το χειρισμό της κίνησής τους δίστασαν να πάρουν οποιαδήποτε πρωτοβουλία. Τα γεγονότα αυτά πιθανών να οφείλονται στη μείωση των αισθήσεων (κυρίως στην όραση) που επέρχεται με την αύξηση της ηλικίας όπως παρατηρήθηκε και σε αντίστοιχες έρευνες (M. Sjolinder et al., 2005; R. Pak et al., 2008). Επίσης οφείλονται στην δυσκολία εκμάθησης εφαρμογών σε υπολογιστές που έχουν οι μεγαλύτεροι χρήστες καθώς και στη δυσκολία απομνημόνευσης διαδρομών.



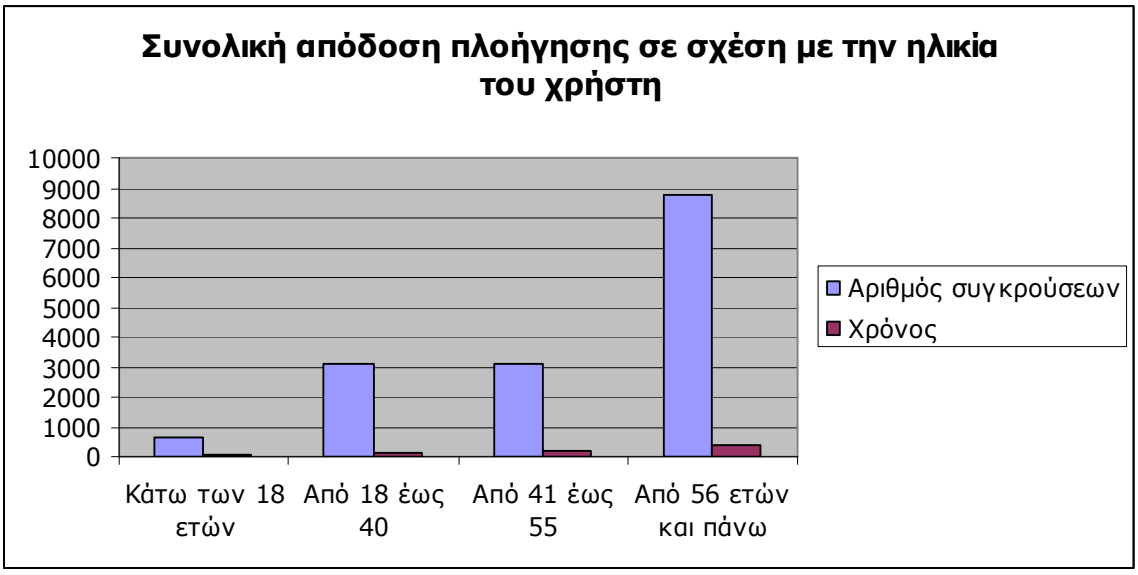
Εικόνα 14. Η διάρκεια πλοήγησης σε σχέση με την ηλικία του χρήστη.

Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η απόδοση των δύο ενδιάμεσων ομάδων, οι οποίες έχουν συγκριτικά ελάχιστες διαφορές όσον αφορά τη διάρκεια πλοήγησης και των αριθμό συγκρούσεων που σημείωσαν εξίσου.



Εικόνα 15. Ο αριθμός συγκρούσεων σε σχέση με την ηλικία του χρήστη.

Τέλος από το παρακάτω γράφημα που απεικονίζει τη συνολική απόδοση πλοήγησης σε σχέση με την ηλικία του χρήστη, επιβεβαιώνεται η αρνητική επίδραση που έχει ο παράγοντας της ηλικίας. Το συμπέρασμα αυτό ισχύει στις περισσότερες περιπτώσεις χωρίς βέβαια να αποτελεί κανόνα για όλους τους χρήστες των επιτραπέζιων συστημάτων εικονικής πραγματικότητας που ανήκουν στην τέταρτη ηλικιακή ομάδα.

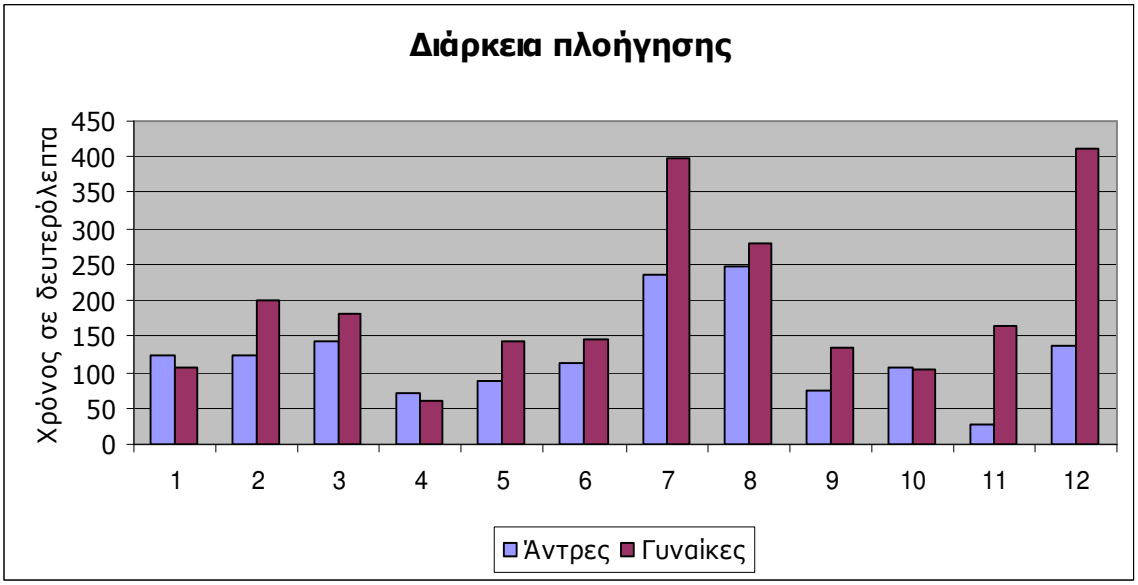


Εικόνα 16. Η συνολική απόδοση πλοήγησης σε σχέση με την ηλικία του χρήστη.

8.10.2.5 Απόδοση πλοήγησης σε σχέση με το φύλο του χρήστη

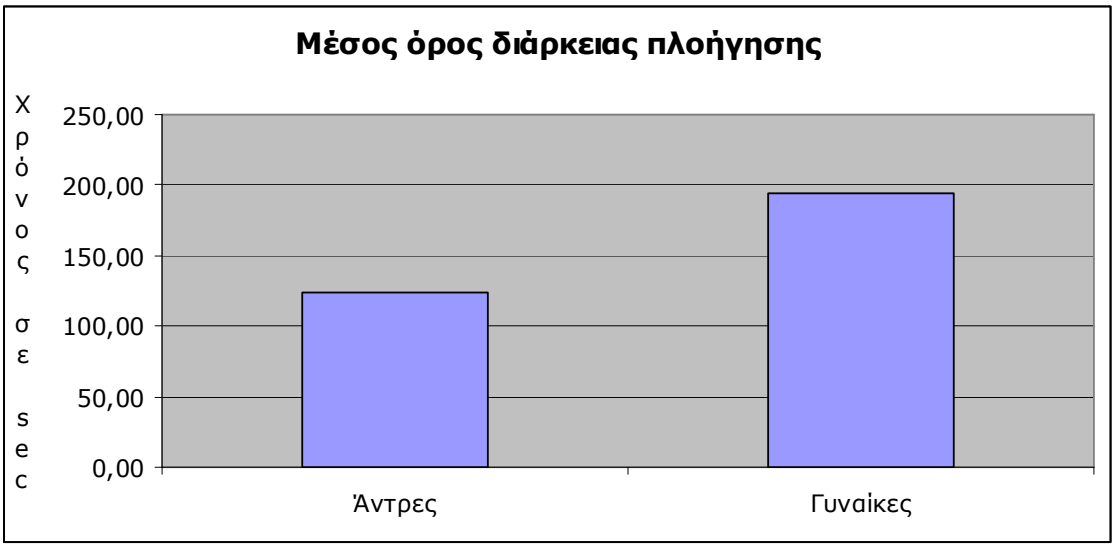
Πολλές έρευνες με αντικείμενο μελέτης την απόδοση της πλοήγησης ανάλογα με το φύλο του χρήστη καταλήγουν στο συμπέρασμα πως οι άντρες σημειώνουν υψηλότερες αποδόσεις και προσανατολίζονται με μεγαλύτερη άνεση σε σχέση με το γυναικείο φύλο (Waller et al., 1998; C.A. Lawton, 1996; Lawton & Kallai, 2002; A. Bosco et al., 2004; Ruddle & Lessels, 2009; M. Hegarty et al., 2006; L. Castelli et al., 2008; C.-H. Chen et al., 2009). Οι ερευνητές αποδίδουν τη διαφορά αυτή σε βιολογικούς και εμπειρικούς παράγοντες όπως την

εξοικείωση που έχουν οι άντρες με τα ηλεκτρονικά παιχνίδια και τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και τις δραστηριότητες που ασχολούνται από μικρή ηλικία η οποία τους επιτρέπει να αναπτύσσουν ικανότητες προσανατολισμού πιο γρήγορα (C.A. Lawton, 1996; Waller et al., 1998; L. Castelli et al., 2008).



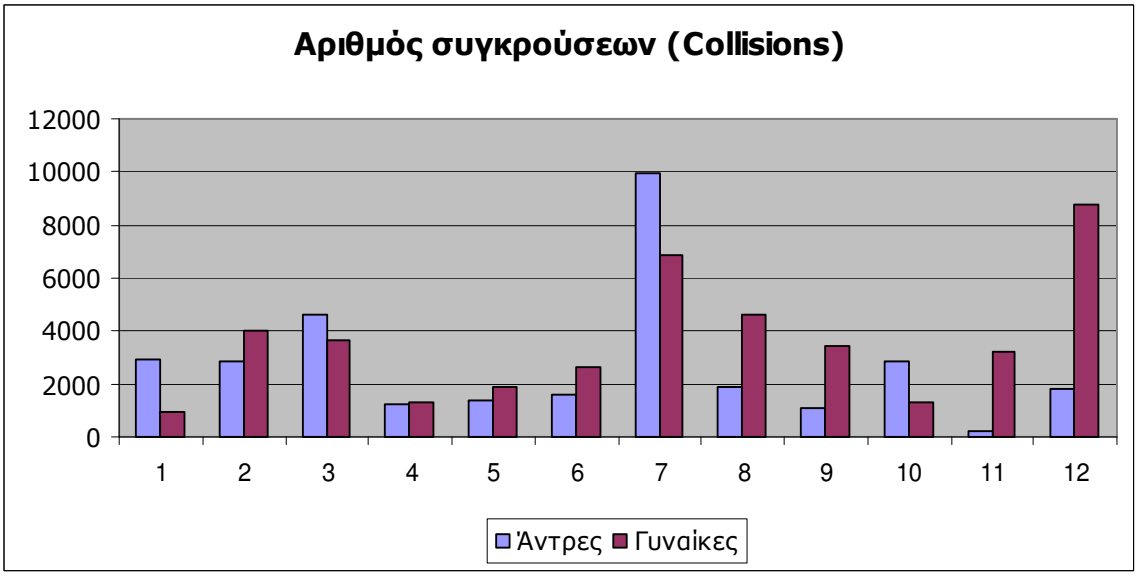
Εικόνα 17. Διάρκεια πλοήγησης χρηστών - Σύγκριση αντρών - γυναικών.

Σε γενικές γραμμές οι άντρες ολοκλήρωσαν πιο γρήγορα τη διαδικασία της πλοήγησης χωρίς να έχουν μεγάλες διαφορές με τις γυναίκες. Παρακάτω φαίνεται το γράφημα με το μέσο όρο της συνολικής διάρκειας πλοήγησης του κάθε φύλου. Οι άντρες έχουν μέσο όρο πλοήγησης 124,03 δευτερόλεπτα ενώ οι γυναίκες έχουν μέσο όρο 194,1 δευτερόλεπτα.



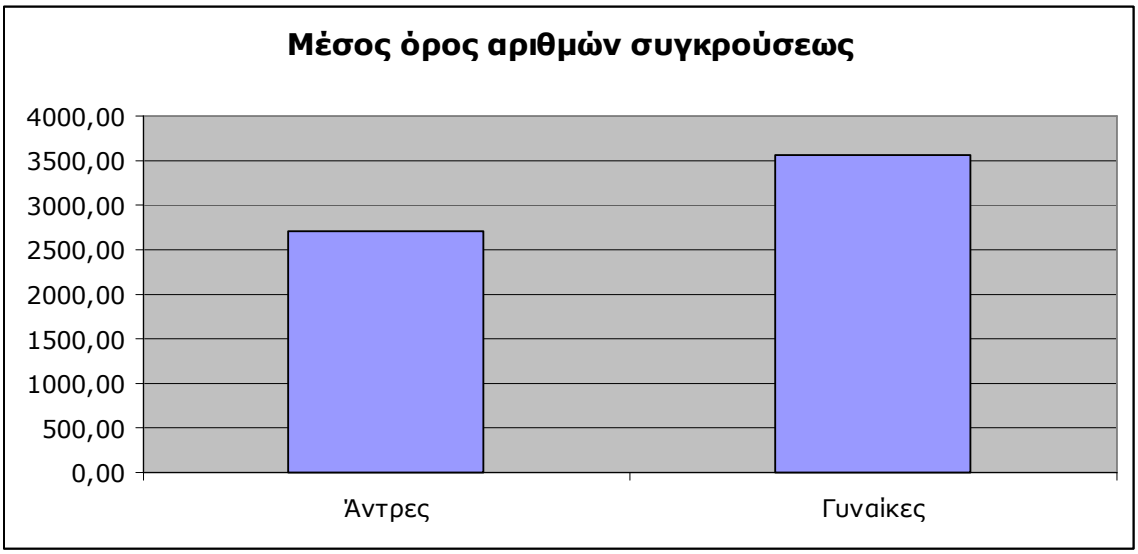
Εικόνα 18. Μέσος όρος διάρκειας πλοήγησης των δύο φύλων.

Το ίδιο παρατηρείται και στον αριθμό συγκρούσεων που σημείωσαν τα δύο φύλα. Οι άντρες είχαν υψηλότερη απόδοση πλοήγησης υπό την έννοια ότι σημείωσαν χαμηλότερο αριθμό συγκρούσεων με τους τοίχους και τα αντικείμενα σε σχέση με τις γυναίκες.



Εικόνα 19. Αριθμός συγκρούσεων χρηστών - Σύγκριση αντρών - γυναικών.

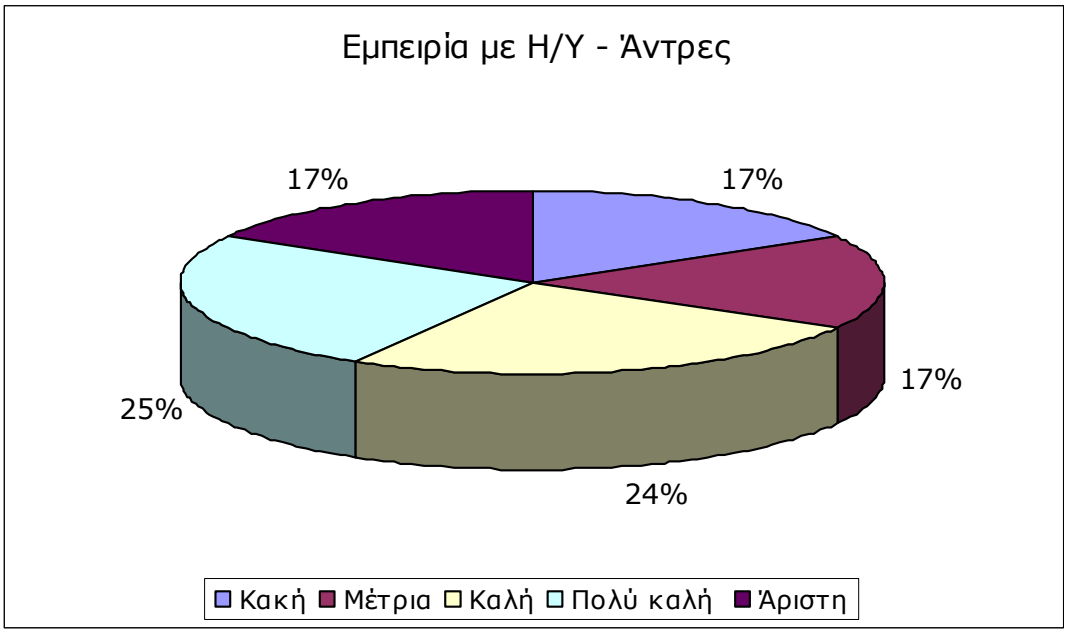
Το παρακάτω διάγραμμα συνοψίζει τον συνολικό αριθμό συγκρούσεων αντρών και γυναικών. Οι άντρες σημείωσαν 2702,42 μέσο όρο αριθμού συγκρούσεων ενώ οι γυναίκες 3561, 25.



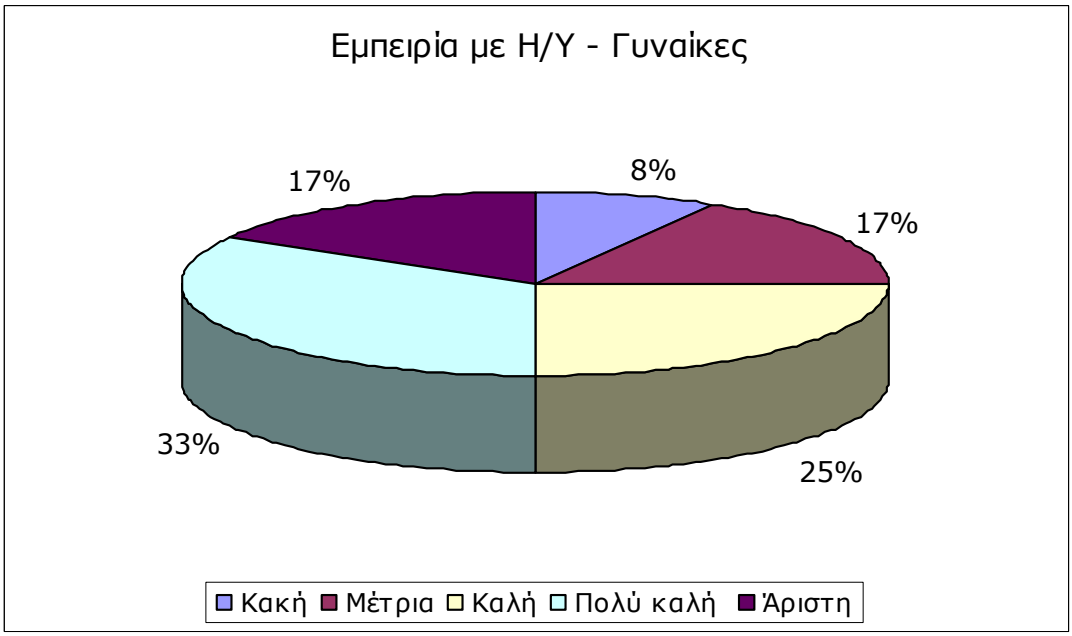
Εικόνα 20. Μέσος όρος αριθμών συγκρούσεως των δύο φύλων.

8.10.2.6 Απόδοση πλοήγησης σε σχέση με την εμπειρία του χρήστη με ηλεκτρονικούς υπολογιστές

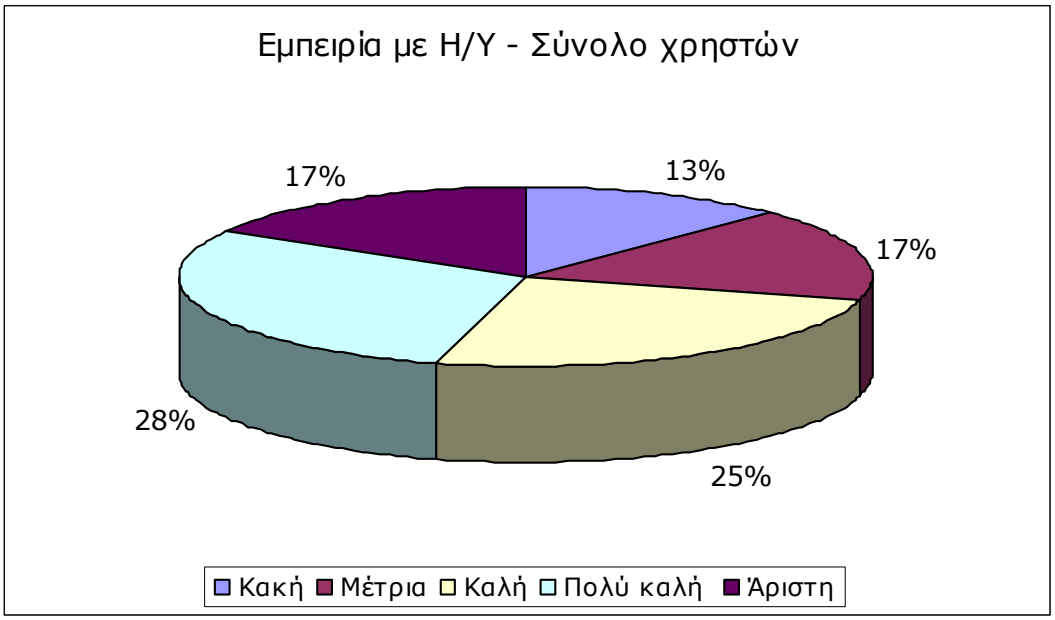
Γενικότερα οι περισσότεροι από τους χρήστες που έλαβαν μέρος είχαν εμπειρία με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και κατάφεραν να ολοκληρώσουν τη διαδικασία της πλοήγησης εντοπίζουν όλους τους στόχους. Βέβαια παρόλο που οι γυναίκες που συμμετείχαν φαίνεται να έχουν περισσότερη εμπειρία σε σχέση με το δείγμα των αντρών, σημείωσαν με μικρές διαφορές χαμηλότερη απόδοση πλοήγησης. Το πόρισμα αυτό επιβεβαιώνει τον ισχυρισμό παρόμοιων μελετών πως οι άντρες έχουν περισσότερη εμπειρία με τα ηλεκτρονικά παιχνίδια και με τρισδιάστατα εικονικά περιβάλλοντα από μικρή ηλικία σε σχέση με τις γυναίκες (Waller et al., 1998; L. Castelli et al., 2008; A. Bosco et al., 2004).



Εικόνα 21. Η εμπειρία του αντρικού φύλου με τους Η/Υ.

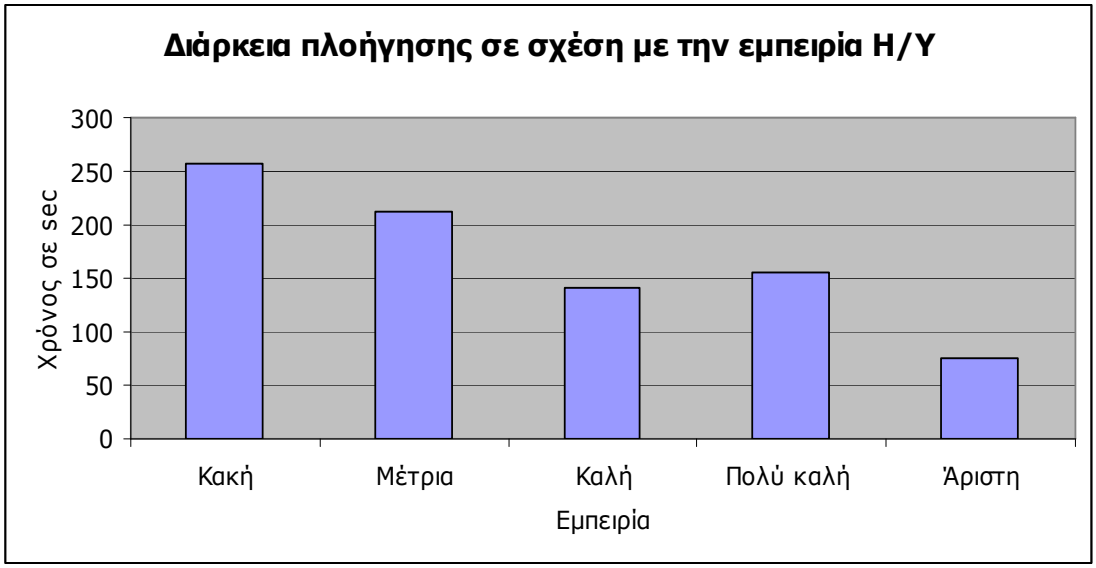


Εικόνα 22. Η εμπειρία του γυναικείου φύλου με τους Η/Υ.



Εικόνα 23. Η εμπειρία του συνόλου των χρηστών με τους Η/Υ.

Είναι φανερό από το διάγραμμα της εικόνας 24 πως οι χρήστες με μεγαλύτερη εμπειρία στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές σημείωσαν υψηλότερη απόδοση πλοήγησης, όσον αφορά το χρόνο που χρειάστηκαν για να εντοπίσουν τους στόχους του εικονικού ορόφου.

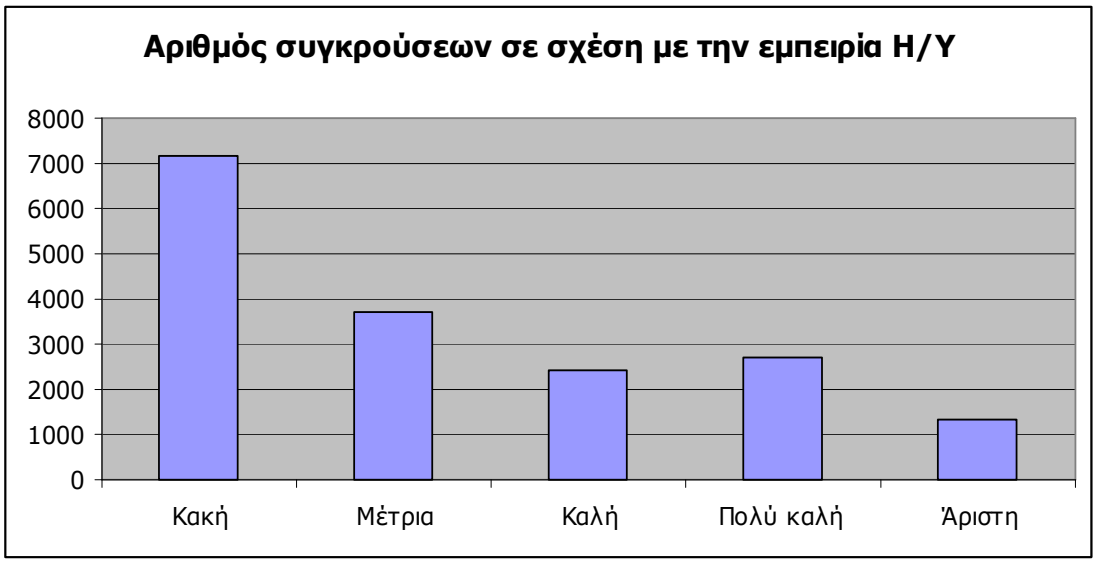


Εικόνα 24. Μέσος όρος της διάρκειας πλοήγησης των χρηστών σε σχέση με την εμπειρία τους με Η/Υ.

Ένα ενδιαφέρον συμπέρασμα που προκύπτει, επικεντρώνεται στο μέσον του διαγράμματος όπου παρατηρείται πως οι χρήστες με μέτρια εμπειρία στους υπολογιστές σημείωσαν υψηλότερη απόδοση πλοήγησης σε σχέση με εκείνους που δήλωσαν πως έχουν πολύ καλή εμπειρία. Το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώνεται από το διάγραμμα της διάρκειας πλοήγησης και από το διάγραμμα αριθμού συγκρούσεων εξίσου.

Το γεγονός αυτό πιθανών να σχετίζεται και με την εμπειρία με τα εικονικά περιβάλλοντα, την οποία πολλοί χρήστες δεν είχαν.

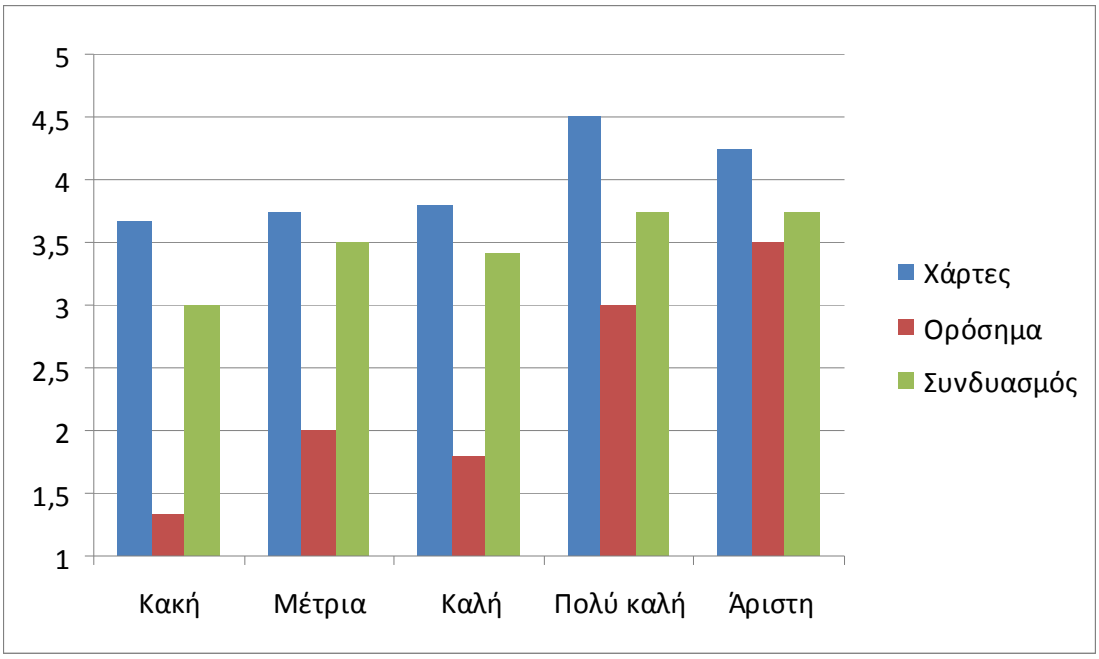
Συνεπώς για την αποτελεσματική πλοήγηση σε ένα επιτραπέζιο σύστημα εικονικής πραγματικότητας δεν αρκεί μόνο η εμπειρία του χρήστη με τον υπολογιστή αλλά και η εξοικείωση με αντίστοιχα εικονικά περιβάλλοντα.



Εικόνα 25. Μέσος όρος των αριθμών συγκρούσεων των χρηστών σε σχέση με την εμπειρία τους με Η/Υ.

Τέλος στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η σύγκριση της αξιολόγησης κάθε βοηθήματος πλοήγησης καθώς και ο συνδυασμός αυτών όπως κρίθηκε από τους χρήστες. Οι ίδιοι συμβουλεύτηκαν κυρίως τον ηλεκτρονικό χάρτη για την πλοήγηση στον εικονικό όροφο και έδωσαν λιγότερη σημασία στην παρουσία των οροσήμων.

Παράλληλα είναι φανερό πως όσο υψηλότερη ήταν η εμπειρία των χρηστών με τους υπολογιστές τόσο αποτελεσματικό κρίθηκε το κάθε βοήθημα πλοήγησης. Τα ορόσημα χρησιμοποιήθηκαν από τους έμπειρους χρήστες ενώ οι αρχάριοι δεν βοηθήθηκαν ιδιαίτερα. Η αξιολόγηση του συνδυασμού των βοηθημάτων δεν είχε μεγάλη απόκλιση σε σχέση με την εμπειρία των χρηστών και το γεγονός αυτό οφείλεται στην παρουσία του ηλεκτρονικού χάρτη.



Εικόνα 26. Η αξιολόγηση ευχρηστίας των βοηθημάτων πλοήγησης σε σχέση με την εμπειρία του χρήστη με Η/Υ.

8.11 Συμπεράσματα

Το πρωτότυπο που αναπτύχθηκε αφορά τις εφαρμογές αρχιτεκτονικής περιήγησης στα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας, για τα οποία δεν έχουν πραγματοποιηθεί πολλές μελέτες. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης προσθέτουν στην υπάρχουσα γνώση για το θέμα, στοιχεία που μπορούν οι σχεδιαστές να λάβουν υπόψη για την επανασχεδίαση των εξεταζόμενων

βοηθημάτων πλοήγησης και κατ' επέκταση την βελτίωση της απόδοσης πλοήγησης του χρήστη.

Ο ηλεκτρονικός χάρτης αποδείχτηκε εύχρηστο βοήθημα πλοήγησης διευκολύνοντας την απόδοση των χρηστών και ενισχύοντας τον προσανατολισμό τους. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει την πρώτη υπόθεση όπως υποστηρίζεται και σε παρόμοιες μελέτες (Ruddle et al., 1997; Ruddle et al., 1998; Chittaro & Scagnetto, 2001; Darken & Peterson, 2001; A. Sebok et al., 2004; Chittaro & Venkataraman, 2006; C.-H. Chen et al., 2009). Από την άλλη πλευρά εντοπίστηκαν ορισμένα σχεδιαστικά στοιχεία, τα οποία δυσανασχέτησαν κάποιους χρήστες. Παραδειγματικά αναφέρεται το μέγεθος του χάρτη το οποίο θεωρήθηκε μικρό και δυσανάγνωστο από τους χρήστες της τέταρτης ομάδας (άνω των 56 ετών). Επίσης το τρίγωνο που υποδείκνυε τη θέση του χρήστη στο χώρο καλό είναι να αντικατασταθεί από ένα άλλο σύμβολο που θα περιλαμβάνει ένα βέλος κατεύθυνσης του χρήστη.

Όσον αφορά το ρόλο των οροσήμων προέκυψε πως δεν βοήθησαν ιδιαίτερα την πλοήγηση του χρήστη. Οι περισσότεροι χρήστες συμβουλεύτηκαν τον χάρτη για να μετακινηθούν και δεν έδωσαν μεγάλη σημασία στα ορόσημα. Υποστηρίζεται πως τα τοπικά ορόσημα που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη εφαρμογή δεν είναι κατάλληλα για εικονικά περιβάλλοντα μικρής κλίμακας. Από την άλλη πλευρά θα μπορούσε μια εναλλακτική επιλογή αντικειμένων ως ορόσημα, να τραβήξει περισσότερο τη προσοχή και το ενδιαφέρον των χρηστών. Συνεπώς αναιρείται η δεύτερη υπόθεση και παράλληλα διαφωνεί με μελέτες που καταλήγουν στο συμπέρασμα πως τα ορόσημα διευκολύνουν την πλοήγηση και τον προσανατολισμό του χρήστη (Ruddle et al., 1997; Darken & Peterson, 2001; Chittaro and Scagnetto, 2001; A. Sebok et al., 2004; L. Castelli et al., 2008).

Έπειτα προκύπτει πως οι χρήστες που έχουν εμπειρία με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές έχουν υψηλότερη απόδοση πλοήγησης

από εκείνους που έχουν μικρή εμπειρία ή καθόλου. Παράλληλα παρατηρείται πως η εμπειρία με τους υπολογιστές και την τεχνολογία δεν εξασφαλίζει απαραίτητα την αποτελεσματική πλοήγηση, διότι έχει μεγάλη σημασία και η εμπειρία του χρήστη με τα εικονικά περιβάλλοντα (R. Ruddle et al., 1998; Chen & Stanney, 1999; Arns & Cruz-Neira, 2004). Συνεπώς τα αποτελέσματα της έρευνας συμφωνούν με την τρίτη υπόθεση που διατυπώθηκε καθώς και με μελέτες με παρόμοια ευρήματα (Modjeska & Chignell, 2003; M. Sjolinder et al., 2005; Bay & Ziefle, 2008).

Επίσης ισχύει και η τέταρτη υπόθεση που αναφέρεται στην υψηλότερη απόδοση πλοήγησης των αντρών. Οι ίδιοι χρειάστηκαν λιγότερο χρόνο για να ολοκληρώσουν τις διεργασίες ενώ ταυτόχρονα σημείωσαν λιγότερες συγκρούσεις. Βέβαια η διαφορά τους από το γυναικείο φύλο δεν είχε μεγάλη απόκλιση. Οι τελικές μετρήσεις καταλήγουν σε ένα κοινό συμπέρασμα με αντίστοιχες έρευνες (C.A. Lawton, 1996; Waller et al., 1998; A. Bosco et al., 2004; L. Castelli et al., 2008; Ruddle & Lessels, 2009).

Έπειτα προκύπτει πως οι χρήστες της τέταρτης ομάδας (άνω των 56 ετών) έχουν χαμηλή απόδοση πλοήγησης συγκριτικά με τις άλλες τρεις ηλικιακές ομάδες, η οποία πιθανών να οφείλεται σε χαρακτηριστικά που αποκτά ένας άνθρωπος με το πέρασμα του χρόνου (π.χ. δυσκολία στην εκμάθηση, μείωση όρασης κ.α.). Η συγκεκριμένη διαπίστωση είναι σύμφωνη με την τελευταία υπόθεση καθώς και με έρευνες στις οποίες βασίστηκε (Stanney et al., 1998; Moffat et al. 2001; M. Sjolinder et al., 2005; R. Pak et al., 2008).

Τέλος πρέπει να αναφερθεί το γεγονός πως το πείραμα από την αρχική του σχεδίαση είχε ορισμένους περιορισμούς, οι οποίοι είχαν αντίκτυπο στα τελικά συμπεράσματα. Ο πρώτος περιορισμός αφορά την σχεδιαστική ομοιομορφία που τηρήθηκε έτσι ώστε οι χρήστες να μείνουν ανεπηρέαστοι από εξωτερικούς παράγοντες (όπως παραδειγματικά θα ήταν ο μεγάλος αριθμός εικονικών αντικειμένων, οι υφές, τα χρώματα και γενικότερα οποιοδήποτε χαρακτηριστικό

σχετίζεται με τη φωτορεαλιστική απεικόνιση ενός εικονικού ορόφου). Η έντονη σχεδιαστική λεπτομέρεια πιθανών να είχε θετική ή και αρνητική επίδραση στην απόδοση πλοήγησης του χρήστη και για αυτό το λόγο προτιμήθηκε να μην υπάρχει.

Ο δεύτερος περιορισμός αφορά το δείγμα των χρηστών που έλαβαν μέρος. Το μεγαλύτερο κομμάτι αντιστοιχεί στην δεύτερη ηλικιακή ομάδα και συνεπώς οι δυσκολίες πλοήγησης και τα χαρακτηριστικά που τους αντιπροσωπεύουν είναι παρόμοια. Ο αριθμός των χρηστών που ανήκουν στην τέταρτη ηλικιακή ομάδα είναι περιορισμένος και δυσανάλογος σε σχέση με τις υπόλοιπες ομάδες. Γενικότερα όσο περισσότεροι χρήστες λάμβαναν μέρος σε αυτή τη διαδικασία θα προέκυπταν περισσότερα αποτελέσματα και θέματα προς επιμέρους διερεύνηση.

8.12 Προτάσεις

Γενικότερα ο ηλεκτρονικός χάρτης κρίθηκε κατάλληλο βοήθημα πλοήγησης για τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Βέβαια αρκετοί χρήστες ανέφεραν πως το ισοσκελές τρίγωνο που υποδείκνυε τη θέση τους στο χάρτη, τους μπέρδευε διότι δεν ήταν σίγουροι ποια από τις γωνίες του τριγώνου έδειχνε την κατεύθυνση προς την οποία κοιτούσαν μέσα στον εικονικό όροφο. Μία πρόταση είναι να υπάρχει ένα σύμβολο που αποτελείται από ένα κύκλο με ένα ενσωματωμένο βέλος έτσι ώστε ο χρήστης να αντιλαμβάνεται την κατεύθυνση που κοιτάει από μια μόνο γωνία του σχήματος.

Μία επιμέρους πρόταση για να αντιλαμβάνεται ο χρήστης την κατεύθυνσή του είναι να μην μεταβάλλεται ο προσανατολισμός του χρήστη αλλά να προσαρμόζεται ο χάρτης στην οπτική του γωνία. Έπειτα καλό είναι ο ηλεκτρονικός χάρτης να περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία του εικονικού περιβάλλοντος που αναφέρονται στη συσχέτιση διαδρομών (όπως ορόσημα κ.α.). Παράλληλα η σχεδίαση του θα μπορούσε να περιλαμβάνει επιλογή μεγέθους (αύξησης ή

μείωσης) και διαφάνειας έτσι ώστε ο χρήστης να προσαρμόζει το χάρτη στις ανάγκες του. Επίσης οποιοσδήποτε επιθυμητός προορισμός (π.χ. ένας πίνακας σε ένα εικονικό μουσείο) θα μπορούσε να υποδεικνύεται πάνω στο χάρτη με ίχνη ή βέλη ή και με εικόνες.

Σχετικά με τα ορόσημα που χρησιμοποιούνται ως βοήθημα πλοήγησης σε εικονικά περιβάλλοντα μικρής κλίμακας (όπως τα εικονικά κτίρια), καλό είναι να τηρούνται ορισμένες σχεδιαστικές οδηγίες (Vinson, 1999) έτσι ώστε να αυξάνουν οι πιθανότητες της απομνημόνευσης τους. Η παρατήρηση ή η απομνημόνευση ενός οροσήμου βοηθά το χρήστη να συσχετίσει περιοχές, να επιλέξει διαδρομές και γενικότερα να προσανατολιστεί ακόμα και σε ένα εξαιρετικά μεγάλο εικονικό περιβάλλον (Ruddle et al., 1997; Darken & Peterson, 2001; A. Sebok et al., 2004). Τέλος ένα εικονικό περιβάλλον πρέπει να έχει αρκετά ορόσημα αλλά σε λογικά πλαίσια δίδοντας παράλληλα την επιλογή στο χρήστη να αφαιρέσει ορισμένα στην περίπτωση που τα θεωρεί περιττά (Parush & Berman, 2004).

9. Γενικά συμπεράσματα

Οι εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας διαδίδονται ραγδαία με τη βοήθεια του διαδικτύου, καθιστώντας τον ηλεκτρονικό υπολογιστή ως ένα οικονομικό και προσιτό μέσο για τους χρήστες της. Τα επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας αυξάνουν συνεχώς τις εφαρμογές τους προσελκύοντας ολοένα και περισσότερους χρήστες με αποτέλεσμα να δημιουργούνται διάφορα θέματα προς διερεύνηση που αφορούν τις ανάγκες των χρηστών ως προς την πλοήγηση και την αλληλεπίδραση καθώς και με την ευχρηστία των εφαρμογών.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την συγγραφή της εργασίας, ξεκινώντας από την έρευνα των προβλημάτων πλοήγησης στα επιτραπέζια συστήματα και καταλήγοντας το πείραμα που σχεδιάστηκε, δείχνει πως η συγκεκριμένη κατηγορία εικονικής πραγματικότητας θα αποτελεί συνέχεια αντικείμενο μελέτης διότι έχει τοποθετηθεί στο επίκεντρο της προσοχής των χρηστών.

Η έρευνα σχετικά με την πλοήγηση στα εικονικά περιβάλλοντα καταλήγει στο συμπέρασμα της ύπαρξης πολλών εμπλεκόμενων παραγόντων που φαίνεται να την επηρεάζουν. Οι παράγοντες αφορούν λειτουργίες ή ελλείψεις του εικονικού περιβάλλοντος, τη μοντελοποίηση του και τη σχεδίαση της εφαρμογής. Ο αποπροσανατολισμός είναι το βασικό πρόβλημα που υπάρχει στην συγκεκριμένη κατηγορία εικονικών περιβαλλόντων.

Έπειτα οι παράγοντες που επηρεάζουν την πλοήγηση σχετίζονται και με τις συσκευές εισόδου που χρησιμοποιούνται καθώς και με τα προσωπικά χαρακτηριστικά του χρήστη. Κάθε χρήστης συμπεριφέρεται και αλληλεπιδρά με διαφορετικό τρόπο, ανάλογα με τα ατομικά χαρακτηριστικά του. Η εξοικείωση με την τεχνολογία, η εμπειρία με εικονικά περιβάλλοντα, η ηλικία, το φύλο αποτελούν σημαντικά κριτήρια για την απόδοση της πλοήγησης του καθενός. Η εξάσκηση καθώς και η επανάληψη κάθε ενέργειας που

πραγματοποιείται σε ένα εικονικό περιβάλλον βελτιώνει έστω και σε μικρό ποσοστό, την απόδοση της πλοήγησης του χρήστη.

Η παρούσα εργασία διερεύνησε: τα προβλήματα πλοήγησης του χρήστη στη συγκεκριμένη κατηγορία εικονικών περιβαλλόντων, τα βοηθήματα που υπάρχουν για την υποστήριξη της πλοήγησης, τα χαρακτηριστικά του χρήστη που επηρεάζουν την απόδοση πλοήγησης και τέλος την ευχρηστία ορισμένων βοηθημάτων. Παράλληλα από την παραπάνω έρευνα προέκυψαν ορισμένες σχεδιαστικές οδηγίες όσον αφορά την πλοήγηση του χρήστη.

Η ανάπτυξη του πρωτοτύπου που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της εργασίας ήταν ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα διαδικασία, υπό την έννοια ότι εφαρμόστηκε στην πράξη η θεωρία που μελετήθηκε αρχικά και προέκυψαν συμπεράσματα για επιμέρους διερεύνηση. Εφαρμόστηκαν ορισμένες σχεδιαστικές οδηγίες που ήταν μελετηθεί από την διαθέσιμη βιβλιογραφία καθώς και μέθοδοι αξιολόγησης. Έπειτα παρουσιάστηκαν ορισμένες δυσκολίες κατά τον σχεδιασμό του πρωτοτύπου και στη συνέχεια από την δοκιμή του από τους χρήστες.

Μεγάλο ενδιαφέρον είχε η συμπεριφορά του κάθε χρήστη που έλαβε μέρος σε αυτό το πείραμα καθώς και τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τον καθένα.

Από την αξιολόγηση του πρωτοτύπου προέκυψαν ποικίλα συμπεράσματα σχετικά με τον σχεδιασμό μιας εφαρμογής επιτραπέζιου συστήματος εικονικής πραγματικότητας καθώς και με την απόδοση πλοήγησης του χρήστη ανάλογα με τα προσωπικά χαρακτηριστικά του και τα βοηθητικά εργαλεία που παρέχονται. Η δημιουργία του πρωτοτύπου βασίστηκε στην έρευνα παρόμοιων μελετών ενώ για την αξιολόγηση που πραγματοποιήθηκε συνδυάστηκαν μεθοδολογίες έτσι ώστε να συλλεχτούν και να ερμηνευτούν ποσοτικά και ποιοτικά αποτελέσματα. Σε γενικές γραμμές το εικονικό περιβάλλον που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες της διπλωματικής εργασίας, ικανοποίησε τους χρήστες.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα της αξιολόγησης έπαιξε σημαντικό ρόλο η διαφορετικότητα του δείγματος των χρηστών τόσο στα ατομικά χαρακτηριστικά όσο και στην εμπειρία με εικονικά περιβάλλοντα.

Η εργασία συνέβαλλε κυρίως στον εντοπισμό ελλείψεων των βοηθημάτων πλοήγησης που εξέτασε (ηλεκτρονικός χάρτης και ορόσημα), γεγονός που καταλήγει στο συμπέρασμα πως τα συγκεκριμένα πρέπει να ακολουθούν ορισμένες σχεδιαστικές οδηγίες έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ευχρηστία τους. Επίσης μπορεί να αποτελέσει αφετηρία για το σχεδιασμό κατάλληλων βοηθημάτων πλοήγησης ή τη βελτίωση αυτών που εξετάστηκαν, τα οποία να χρησιμοποιούνται το ίδιο αποτελεσματικά από τους χρήστες. Έπειτα τα προβλήματα πλοήγησης που διαπιστώθηκαν από την βιβλιογραφική μελέτη καθώς και από το πρωτότυπο που αναπτύχθηκε, αποτελούν αντικείμενο μελέτης και πρόκληση όσον αφορά την ευχρηστία, για τους σχεδιαστές επιτραπέζιων συστημάτων εικονικής πραγματικότητας. Γενικότερα προέκυψε πως πρέπει κάθε εφαρμογή ή βοήθημα να επανασχεδιάζεται αφού πρώτα εντοπίζονται τα προβληματικά της σημεία, έτσι ώστε να βελτιώνεται όλο και περισσότερο. Η σχεδίαση εικονικών περιβαλλόντων στα επιτραπέζια συστήματα απαιτεί να ληφθούν υπόψη πολλοί παράγοντες και να συνδυαστούν πολλά επιστημονικά πεδία για να προκύψει μια εύχρηστη εφαρμογή.

Αναφορές

1. Abásolo José María J., Della Mariano (2007). Magallanes: 3D Navigation for Everybody, GRAPHITE 2007, Perth, Western Australia, December 1–4, 2007 ACM 978-1-59593-912-8/07/0012.
2. Albert William S., Rensink Ronald A., Beusmans Jack M. (1999). Learning relative directions between landmarks in a desktop virtual environment, Spatial Cognition and Computation 1: 131–144, 1999.
3. Amorim Michel - Ange, Trumbore Ben, Chogyen Pema L. (2000). Cognitive Repositioning inside a Desktop VE: The Constraints Introduced by First- versus Third-Person Imagery and Mental Representation Richness, Presence, Vol. 9, No. 2, April 2000, 165–186.
4. Aoki Hirofumi, Oman Charles M., Buckland Daniel A., Natapoff Alan (2008). Desktop - VR system for preflight 3D navigation training, Acta Astronautica 63 (2008) 841 – 847.
5. Arns Laura, Cruz – Neira Carolina (2004). Effects of Physical and Virtual Rotations and Display Device on Users of an Architectural Walkthrough, 2004 ACM 1-58113-884-9/04/0006.
6. Bailenson N. Jeremy, Yee Nick, Merget Dan, Schroeder Ralph (2006). The Effect of Behavioral Realism and Form Realism of Real-Time Avatar Faces on Verbal Disclosure, Nonverbal Disclosure, Emotion Recognition, and Copresence in Dyadic Interaction, Presence, Vol. 15, No. 4, August 2006, 359–372.
7. Bay Susanne, Ziefle Martina (2008). Landmarks or surveys? The impact of different instructions on children's performance in hierarchical menu structures, Computers in Human Behavior 24 (2008) 1246–1274.

8. Bosco Andrea, Longoni M. Anna, Vecchi Tomaso (2004). Gender Effects in Spatial Orientation: Cognitive Profiles and Mental Strategies, Applied Cognitive Psychology 18: 519–532 (2004).
9. Bowman D. A., Hodges L.F., Allison D., Wineman J. (1999). The educational value of an information-rich virtual environment. Presence 8 (3): 317–331.
10. Bowman Doug A., Gabbard L. Joseph, Hix Deborah (2002). A Survey of Usability Evaluation in Virtual Environments: Classification and Comparison of Methods, Presence, Vol. 11, No. 4, August 2002, 404–424.
11. Bowman Doug A, Datey Ameya, Ryu Young Sam, Farooq Umer, Vasnaik Omar (2002). Empirical Comparison of Human Behavior and Performance with Different Display Devices for Virtual Environments, In proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 2134-2138.
12. Bowman Doug A., Kruijff Ernst, Laviola Joseph J., Poupyrev Ivan (2005). 3D User Interfaces: Theory and Practice, Addison Wesley Longman Publishing Co.
13. Bowman Doug A., Donald B. Johnson, Larry F. Hodges (2001). Testbed Evaluation of Virtual Environment Interaction Techniques, Presence, February 2001, Vol. 10, No. 1, Pages 75-95.
14. Burigat Stefano & Chittaro Luca, 2007. Navigation in 3D virtual environments: Effects of user experience and location-pointing navigation aids, Int. J. Human-Computer Studies 65 (2007) 945–958.
15. Castelli Lorys, Latini Corazzini Luca, Geminiani Giuliano Carlo (2008). Spatial navigation in large-scale virtual environments: Gender differences in survey tasks, Computers in Human Behavior 24 (2008) 1643–1667.
16. Chen Jui Lin, Stanney Kay M. (1999). A Theoretical Model of Wayfinding in Virtual Environments: Proposed Strategies for

Navigational Aiding, Presence, Vol. 8, No. 6, December 1999, 671–685.

17. Chen Chien-Hsiung, Chang Wen-Chih, Chang Wen-Te, (2009). Gender differences in relation to wayfinding strategies, navigational support design, and wayfinding task difficulty, Journal of Environmental Psychology 29 (2009) 220–226.
18. Chittaro Luca, Scagnetto Ivan (2001). Is Semitransparency Useful for Navigating Virtual Environments? VRST '01, November 15-17, 2001, Banff, Alberta, Canada.
19. Chittaro Luca & Ieronutti Lucio (2004). A Visual Tool for Tracing Users' Behavior in Virtual Environments, AVI '04, May 25-28, 2004, Gallipoli (LE), Italy.
20. Chittaro Luca & Venkataraman Subramanian (2006). Navigation Aids for Multi-Floor Virtual Buildings: A Comparative Evaluation of Two Approaches, VRST'06, November 1–3, 2006, Limassol, Cyprus.
21. Cliburn Daniel, Rilea Stacy, Winlock Tess, Van Donsel Matt (2007). Dynamic Landmark Placement as a Navigation Aid in Virtual Worlds, VRST 2007, Newport Beach, California, November 5–7, 2007.
22. Colledge Reginald G. (1999). Wayfinding behavior: cognitive mapping and other spatial process (1999). Published by The John Hopkins university press.
23. Corbit Margaret (2002). Building Virtual Worlds for Informal Science Learning (SciCentr and SciFair) in the Active Worlds Educational Universe (AWEDU), Presence, Vol. 11, No. 1, February 2002, 55–67.
24. Darken P. Rudy, Sibert L. John (1993). A toolset for navigation in Virtual Environments, Association for Computing Machinery (1993).
25. Darken P. Rudy (1995). Wayfinding in Large-Scale Virtual Worlds, CHI'95 mosaic of creativity, May 7-11 1995.

26. Darken P. Rudolph, Sibert L. John (1996). Navigating Large Virtual Spaces, Appears in the International Journal of Human-Computer Interaction, January-March 1996, 8 (1), pp. 49-72.
27. Darken R., Allard T., Achille, L., (1998). Spatial orientation and wayfinding in large-scale virtual spaces, Presence 7(2), 101–107.
28. Darken P. Rudolph & Peterson Barry (2001). Spatial orientation, wayfinding and representation, Handbook of Virtual Environment Technology. Stanney, K. Ed (2001).
29. Dodiya Janki, Alexandrov Vassil N. (2008). Use of Auditory cues for Wayfinding Assistance in Virtual Environment – Music aids Route Decision, ACM ISBN 978-1-59593-951-7/08/10, VRST'08, October 27-29, 2008, Bordeaux, France.
30. Downs, R. J. & Stea, D., (1973). Cognitive Maps and Spatial Behavior. Image and Environment, 8-26. Chicago: Aldine Publishing Company.
31. Durlach Nat, Allen Gary, Darken Rudy, Lee Garnett Rebecca, Loomis Jack, Templeman Jim, Von Wiegand E. Thomas (2000). Virtual Environments and the Enhancement of Spatial Behavior: Towards a Comprehensive Research Agenda, Presence, Vol. 9, No. 6, December 2000, 593–615.
32. Elmqvist Niklas, Tudoreanu M. Eduard, Tsigas Philippas (2008). Evaluating Motion Constraints for 3D Wayfinding in Immersive and Desktop Virtual Environments, CHI 2008 Proceedings, Finding Your Way, April 5-10, 2008, Florence, Italy.
33. Elvins T. Todd, Nadeau David R., Schul Rina, Kirsh David (2001). Worldlets: 3-D Thumbnails for Wayfinding in Large Virtual Worlds, Presence, Vol. 10, No. 6, December 2001, 565–582.
34. Haik Eyal, Barker Trevor, Sapsford John, Trainis Simon (2002). Investigation into Effective Navigation in Desktop Virtual Interfaces, Web3D'02, February 24-28, (2002).

35. Hegarty Mary, Montello R. Daniel, Richardson E. Anthony, Ishikawa Toru, Lovelace Kristin (2006). Spatial abilities at different scales: Individual differences in aptitude-test performance and spatial-layout learning, Intelligence 34 (2006) 151– 176.
36. Jansen – Osmann P., 2002. Using desktop virtual environments to investigate the role of landmarks, Computers in Human Behaviour 18 (2002) 427–436.
37. Kulik Alexander (2009). Building on Realism and Magic for Designing 3D Interaction Techniques, Published by the IEEE Computer Society, November/December 2009.
38. Lawton A. Carol (1996). Strategies for indoor wayfinding: The role of orientation, Journal of Environmental Psychology (1996) 16, 137–145.
39. Lawton A. Carol, Kallai Janos (2002). Gender differences in wayfinding strategies and anxiety about wayfinding: A cross-cultural comparison, Sex Roles, Vol. 47, Nos. 9/10, November 2002.
40. Lepouras George & Vassilakis Costas, 2005. Virtual museums for all: employing game technology for edutainment, Virtual Reality (2005) 8: 96–106.
41. McNeill M.D.J., Sayers H., Wilson S. and Kevitt P. Mc (2002). A Spoken Dialogue System for Navigation in Non-Immersive Virtual Environments, COMPUTER GRAPHICS forum, Volume 21 (2002), number 4 pp. 713–723.
42. Mine Mark R. (1995). Virtual Environment Interaction Techniques, Department of Computer Science University of North Carolina Chapel Hill, NC 27599-3175, UNC Chapel Hill Computer Science Technical Report, 1995 – Citeseer.
43. Modjeska David & Waterworth John (2000). Effects of Desktop 3D World Design on User Navigation and Search Performance,

iv, pp.215, Fourth International Conference on Information Visualisation (IV'00), 2000.

44. Modjeska David & Chignell Mark (2003). Individual Differences in Exploration Using Desktop VR, Journal of the american society for information science and technology, 54(3):216–228, 2003.
45. Moffat D. Scott, Zonderman B. Alan, Resnick M. Susan (2001). Age differences in spatial memory in a virtual environment navigation task, Neurobiology of Aging 22 (2001) 787–796, Elsevier Science Inc.
46. Montello, D. R., & Golledge, R. G. (1999). Scale and detail in the cognition of geographic information. Report of the Specialist Meeting of Project Varenius, Santa Barbara, CA, May 14–16, 1998. Santa Barbara 7 University of California.
47. Murray Craig D., Bowers John M., West Adrian J., Pettifer Steve, Gibson Simon, (2000). Navigation, Wayfinding, and Place Experience within a Virtual City, Presence, Vol. 9, No. 5, October 2000, 435–447.
48. Nielsen Jakob (1993). Usability Engineering, Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, (1993).
49. Omer Itzhak, Goldblatt Ran (2007). The implications of inter-visibility between landmarks on wayfinding performance: An investigation using a virtual urban environment, Computers, Environment and Urban Systems 31 (2007) 520–534.
50. Pak Richard, Czaja J. Sara, Sharit Joseph, Rogers A. Wendy, Fisk D. Arthur (2008). The role of spatial abilities and age in performance in an auditory computer navigation task, Computers in Human Behavior 24 (2008) 3045–3051.
51. Parush Avi, Berman Dafna (2004). Navigation and orientation in 3D user interfaces: the impact of navigation aids and landmarks, Int. J. Human-Computer Studies 61 (2004) 375–395.

52. Pausch Randy, Burnette Tommy, Brockway Dan, Weiblen E. Michael (1995). Navigation and Locomotion in Virtual Worlds via Flight into Hand-Held Miniatures, Proceedings of the 22nd annual conference on Computer graphics and interactive techniques, 1995.
53. Peruch Patrick, Mestre Daniel (1999). Between Desktop and Head Immersion: Functional Visual Field During Vehicle Control and Navigation in Virtual Environments, Presence, Vol. 8, No. 1, February 1999, 54–64.
54. Polys F. Nicholas, Bowman Doug A. (2004). Design and display of enhancing information in desktop information-rich virtual environments: challenges and techniques, Virtual Reality (2004) 8: 41–54.
55. Robertson George, Czeminski Mary, Van Dantzich Maarten (1997). Immersion in Desktop Virtual Reality, UIST 1997 BanJJ Alberta, Canada.
56. Ruddle A. Roy, Payne J. Stephen, and Jones M. Dylan (1997). Navigating Buildings in "Desk-Top" Virtual Environments: Experimental Investigations Using Extended Navigational Experience, Journal of Experimental Psychology: Applied 1997, Vol. 3, No. 2.143-159.
57. Ruddle A. Roy, Payne J. Stephen, Jones M. Dylan, (1998). Navigating Large-Scale ‘‘Desk-Top’’ Virtual Buildings: Effects of Orientation Aids and Familiarity, Presence, Vol. 7, No. 2, April 1998, 179–192.
58. Ruddle A. Roy, Payne J. Stephen, Jones M. Dylan (1999). Navigating Large - Scale Virtual Environments: What Differences Occur Between Helmet-Mounted and Desk-Top Displays? Presence, Vol. 8, No. 2, April 1999, 157–168.
59. Ruddle A. Roy (2005). The Effect of Trails on First-time and Subsequent Navigation In a Virtual Environment, IEEE Virtual Reality 2005, March 12-16, Bonn, Germany.

60. Ruddle A. Roy, Lessels Simon (2006). Three Levels of Metric Evaluating Wayfinding, Presence, Vol. 15, No. 6, December 2006, 637–654.
61. Ruddle A. Roy, Lessels Simon (2009). The Benefits of Using a Walking Interface to Navigate Virtual Environments, ACM Transactions on Computer - Human Interaction, Vol. 16, No. 1, Article 5, Publication date: April 2009.
62. Sadeghian P., Kantardzic M., Lozitskiy O., Sheta W., 2006. The frequent wayfinding-sequence (FWS) methodology: Finding preferred routes in complex virtual environments, Int. J. Human-Computer Studies 64 (2006) 356–374.
63. Sayers, H. M., Wilson, S., Myles, W., McNeill, M.D.J., (2000). Usable interfaces for virtual environment applications on non-immersive systems, Proceedings of the 18th Annual Eurographics UK Conference, Swansea, 4–6 April, pp. 143–151.
64. Sayers H. M., (2004). Desktop virtual environments: a study of navigation and age, interacting with Computers 16 (2004) 939–956.
65. Sayers H. M., Wilson S., McNeill M. D. J. (2004). Navigational tools for desktop virtual environment interfaces, Virtual Reality (2004) 7: 131–139.
66. Schlender Dirk, Peters Olaf H., Wienhofer Magnus (2000). The effects of maps and textual information on navigation in a desktop virtual environment, Spatial Cognition and Computation 2: 421–433, 2000.
67. Sebok Angelia, Nystad Espen, Helgar Stein, 2004. Navigation in desktop virtual environments: an evaluation and recommendations for supporting usability, Virtual Reality (2004) 8: 26–40.
68. Sherman William & Craig Alan, 2003. Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design.

69. Silva G. Mara, Bowman A. Doug (2009). Body-based Interaction for Desktop Games, CHI 2009, Spotlight on Works in Progress, April 4 – 9, 2009, Boston, Massachusetts, USA.
70. Sjolinder Marie, Hook Kristina, Nilsson Lars - Goran, Andersson Gerd, 2005. Age differences and the acquisition of spatial knowledge in a three-dimensional environment: Evaluating the use of an overview map as a navigation aid, Int. J. Human-Computer Studies 63 (2005) 537–564.
71. Smith P. Shamus, Marsh Tim (2004). Evaluating design guidelines for reducing user disorientation in a desktop virtual environment, Virtual Reality (2004) 8: 55–62.
72. Smith P. Shamus, Hart Jonathan (2006). Evaluating distributed cognitive resources for wayfinding in a desktop virtual environment, 1st IEEE Symposium on 3D User Interfaces (2006).
73. Stanney M. Kay, Mourant R. Ronald, Kennedy S. Robert (1998). Human Factors Issues in Virtual Environments: A Review of the Literature, Presence, Vol. 7, No. 4, August 1998, 327–351.
74. Stanney M. Kay, Mollaghasemi Mansooreh, Reeves Leah, Breaux Robert, Graeber A. David (2003). Usability engineering of virtual environments (VEs): identifying multiple criteria that drive effective VE system design, Int. J. Human-Computer Studies 58 (2003) 447–481.
75. Steck D. Sibylle, Mallot A. Hanspeter (2000). The Role of Global and Local Landmarks in Virtual Environment Navigation, Presence, Vol. 9, No. 1, February 2000, 69–83.
76. Stoackley, R., Conway M.J., and Pausch R. (1995). Virtual Reality on a WIM: Interactive Worlds in Miniature. In Proceedings of CHI '95 (Denver CO, 1995), ACM Press, 265-272.

77. Sutcliffe a. G. & Deol Kaur K. (2000). Evaluating the usability of virtual reality user interfaces, BEHAVIOUR & INFORMATION TECHNOLOGY, 2000, VOL. 19, NO. 6, 415-426.
78. Sylaiou Styliani, Liarokapis Fotis, Kotsakis Kostas, Patias Petros (2009). Virtual museums, a survey and some issues for consideration, Journal of Cultural Heritage 10 (2009) 520–528.
79. Tan S. Desney, Robertson G. George, Czerwinski Mary (2000). Exploring 3D Navigation: Combining Speed-coupled Flying with Orbiting, SIGCHI'01, March 31-April 4, 2001, Seattle, WA, USA.
80. Templeman N. James, Denbrook S. Patricia, Sibert E. Linda (1999). Virtual Locomotion: Walking in Place through Virtual Environments, Presence, Vol. 8, No. 6, December 1999, 598–617.
81. Van Dijk Betsy, Op Den Akker Rieks, Nijholt Anton, Zwiers Job (2003). Navigation Assistance in Virtual Worlds, Informing Science Journal, Special Series on Community Informatics Volume 6, 2003.
82. Vinson Norman G. (1999). Design guidelines for landmarks to support navigation in virtual environments, CHI 99 15-20 May (1999).
83. Waller David, Hunt Earl, Knapp David (1998). The Transfer of Spatial Knowledge in Virtual Environment Training, Presence, Vol. 7, No. 2, April 1998, 129–143.
84. Waller David, Beall C. Andrew, Loomis M. Jack (2004). Using virtual environments to assess directional knowledge, Journal of Environmental Psychology 24 (2004) 105–116.
85. Zacharias John (2006). Exploratory spatial behaviour in real and virtual environments, Landscape and Urban Planning 78 (2006) 1–13.

Πηγές από το διαδίκτυο:

1. www.el.wikipedia.org
2. Visual perception 6, Daniel Chandler, (1997). http://users.aber.ac.uk/dgc/publish.html
3. Encyclopaedia Britannica online, available at: http://www.britannica.com/eb/article-9000232.

Παράρτημα

Α. Ερωτηματολόγιο πειράματος

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Προσωπικά στοιχεία

Όνομα: **Επίθετο:**

Φύλο
Άντρας Γυναίκα

Ηλικία
Κάτω των 18 ετών Από 18 έως 40 ετών
Από 41 ετών έως 55 ετών Από 56 και άνω

Γνώσεις ηλεκτρονικού υπολογιστή
Χαρακτηρίστε την άνεση που έχετε με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή:

Κακή	Μέτρια	Καλή	Πολύ καλή	Άριστη

Εμπειρία με εικονικά περιβάλλοντα
Έχετε εμπειρία με εικονικά περιβάλλοντα επιτραπέζιων συστημάτων;
ΝΑΙ ΟΧΙ

Στην περίπτωση που έχετε εμπειρία προσδιορίστε το είδος του εικονικού περιβάλλοντος:
Αρχιτεκτονική περιήγηση
Τρισδιάστατα ηλεκτρονικά παιχνίδια
Εικονικό μουσείο
Προσομοίωση πτήσης
Εικονική γεωγραφική περιήγηση (Google earth)

Εικονικό περιβάλλον ιατρικής εφαρμογής (επιστημονική οπτικοποίηση)
Εικονικός κόσμος συνομιλίας (Second life)
Συμμετοχή σε πείραμα

Ερωτήσεις σχετικά με την διαδικασία πλοήγησης του πειράματος

Θεωρείτε πως ο χρόνος εξοικείωσης με το εικονικό περιβάλλον ήταν αρκετός;
ΝΑΙ ΟΧΙ
ΑΛΛΗ ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Θεωρείται πως ο χρόνος εξοικείωσης με το εικονικό περιβάλλον είχε θετική επίδραση στην πλοήγηση;
ΝΑΙ ΟΧΙ
ΑΛΛΗ ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Τι επίδραση είχαν τα βοηθήματα στην απόδοση πλοήγησης;

Κακή	Μέτρια	Καλή	Πολύ καλή	Άριστη

Πόσο διευκόλυναν την διαδικασία πλοήγησης οι συσκευές εισόδου (ποντίκι – πληκτρολόγιο);

Καθόλου	Λίγο	Μέτρια	Πολύ	Πάρα πολύ

Προσδιορίστε το βαθμό δυσκολίας του εικονικού περιβάλλοντος:

Εύκολο	Μέτριο	Δύσκολο

Βοηθήματα πλοήγησης

Χαρακτηρίστε τον ηλεκτρονικό χάρτη ως βοήθημα πλοήγησης του συγκεκριμένου εικονικού περιβάλλοντος:

Κακό	Μέτριο	Καλό	Πολύ καλό	Άριστο

Χαρακτηρίστε τα ορόσημα ως βοήθημα πλοήγησης του συγκεκριμένου εικονικού περιβάλλοντος:

Κακό	Μέτριο	Καλό	Πολύ καλό	Άριστο

Χαρακτηρίστε τον συνδυασμό του ηλεκτρονικού χάρτη και των οροσήμων ως βοηθήματα πλοήγησης του συγκεκριμένου περιβάλλοντος:

Κακό	Μέτριο	Καλό	Πολύ καλό	Άριστο

Κρίνετε κατάλληλα τα συγκεκριμένα βοηθήματα πλοήγησης για το εικονικό περιβάλλον;
ΝΑΙ ΟΧΙ
ΔΕΝ ΓΝΩΡΙΖΩ

Σχόλια σχετικά με την διαδικασία πλοήγησης και το εικονικό περιβάλλον.