



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ**  
**ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**Μεταπτυχιακή εργασία με θέμα:**  
**«Η δημιουργία ενός εικονικού μουσείου**  
**με τρισδιάστατα εκθέματα»**

Επιβλέπων καθηγητής:

κ. Μπιλάλης Νικόλαος, Αν. Καθηγητής

Επιτροπή:

κ. Μουστάκης Βασίλειος, Αν. Καθηγητής

κ. Κοντογιάννης Θωμάς, Αν. Καθηγητής

Σηφαλάκη Αντιγόνη

Α.μ. 2004019028

Χανιά 2008

**Αφιερώνεται στους γονείς μου**

## Ευχαριστίες

Η πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας δε θα ήταν δυνατή χωρίς τη συμβολή κάποιων σημαντικών ανθρώπων.

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα μου, Αν. Καθηγητή κ. Μπιλάλη Νικόλαο, για την υπομονή που έδειξε μέχρι την ολοκλήρωση της εργασίας. Επίσης, ένα θερμό ευχαριστώ στον καθηγητή εφαρμογών του Τ.Ε.Ι. Χανίων , κ. Μαραβελάκη Μανώλη, για τη συνεχή καθοδήγηση και υποστήριξη καθ' όλη την πορεία της διεξαγωγής της εργασίας, καθώς και στον Μπολανάκη Νίκο για την πολύτιμη βοήθειά του. Τέλος, ευχαριστώ τους Τζατζάνη Γιώργο και Μαυριγιαννάκη Στέλιο που συνέβαλαν και αυτοί με τη σειρά τους σε αυτό το σκοπό.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....</b>	<b>1</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>3</b>
<b>ΜΕΡΟΣ Ι : .....</b>	<b>5</b>
<b>ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ .....</b>	<b>5</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΜΟΥΣΕΙΑ.....</b>	<b>6</b>
2.1 ΟΙ ΛΟΓΟΙ ΠΟΥ ΟΔΗΓΗΣΑΝ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ.....	6
2.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ ΣΤΟΝ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΙΣΤΟ .....	8
2.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ ΜΟΥΣΕΙΩΝ .....	9
2.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ ΜΟΥΣΕΙΩΝ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ.....	14
2.4.1 Μουσείο Diego Rivera, Μεξικό.....	15
2.4.2 Μουσείο σύγχρονης τέχνης, Ιαπωνία.....	16
2.4.3 Λούβρο, Γαλλία.....	16
2.4.4 Μουσείο επιστημών Da Vinci, Ιταλία.....	17
2.4.5 Μουσείο θωρηκτού H.M.S. Belfast, Αγγλία.....	18
2.4.6 Κορεατικό ίδρυμα τεχνών και πολιτισμού, Κορέα.....	19
2.4.7 Μουσείο φυσικής ιστορίας Βερολίνου, Γερμανία.....	20
2.4.8 Μη συμβατικά μουσεία-εικονικές εκθέσεις.....	20
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΚΘΕΜΑΤΩΝ .....</b>	<b>22</b>
3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ.....	22
3.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑ.....	23
3.3 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΙΝΗΤΩΝ ΚΑΙ ΑΚΙΝΗΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ.....	27
3.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ .....	28
3.5 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	34
3.5.1 Σάρωση με ακτίνες λέιζερ (laser triangulation).....	35
3.5.2. Σχήμα από δομημένο φωτισμό (shape from structured light).....	37
3.5.4.1 Σχήμα από σιλουέτες (shape from silhouette).....	38
3.5.5. Σχήμα από στερεοφωτογράφιση (shape from stereo).....	40
3.5.6. Σχήμα από κίνηση (shape from motion).....	40
3.5.7. Σχήμα από φωτοσκίαση (shape from shading).....	42
3.5.8. Σχήμα από υφή (shape from texture).....	42
3.5.9. Σχήμα από φωτομετρία (shape from photometry).....	43
3.5.10 Σχήμα από μεταβαλλόμενη εστίαση (shape from focus).....	44
3.5.11 Σχήμα από σκιά (shape from shadow).....	45
3.5.12 Σάρωση με συστήματα αφής (measuring systems).....	46
3.5.13 Σύγκριση των μεθόδων.....	47
3.6 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	51
3.7 ΠΡΟΒΟΛΗ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΝΤΙΓΡΑΦΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	52
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΧΩΡΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ ΠΑΝΟΡΑΜΑΤΟΣ .....</b>	<b>54</b>
4.1. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ .....	54
4.1.1 Φωτογραφική μηχανή Canon EOS 400D.....	55
4.1.2 Ευρυγώνιος φακός Sigma 8mm.....	55
4.1.3 Πανοραμική κεφαλή πολλαπλών σειρών Manfrotto 303 SPH.....	56
4.1.4 Το τρίποδο Manfrotto.....	59
4.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΑΝΟΡΑΜΙΚΗΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	59
4.2.1 Εύρεση του κομβικού σημείου.....	60
4.2.2 Τοποθέτηση του τριπόδου.....	61
4.2.3 Σχεδιασμός και λήψη των φωτογραφιών.....	61
4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ ΣΤΟ PANOWEAVING ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΠΑΝΟΡΑΜΑΤΟΣ.....	62
4.3.1 κατηγορίες πανοραμάτων.....	63
4.3.2 Συρραφή πανοραμικής φωτογραφίας.....	65

4.3.3 Μορφοποίηση πανοραμικής φωτογραφίας.....	71
<b>ΜΕΡΟΣ ΙΙ: Ο ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΥ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.....</b>	<b>73</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΤΟ ΕΙΚΟΝΙΚΟ ΜΟΥΣΕΙΟ SAN SALVATORE.....</b>	<b>74</b>
5.1 Λίγα λόγια για το Μουσείο San Salvatore .....	74
5.2 Η ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΩΝ ΕΚΘΕΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ.....	76
5.2.1 Περιγραφή Εξοπλισμού.....	76
5.2.2 Επεξεργασία θυρώματος με τη χρήση του Geomagic Studio 7.....	81
5.2.3 Επεξεργασία του μοντέλου στο 3D SOM.....	91
5.3 Η ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΤΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ ΠΑΝΟΡΑΜΑΤΟΣ.....	95
5.3.1 Η φωτογράφιση.....	95
5.3.2 Η δημιουργία του πανοράματος στο Panoweaver.....	98
5.3.3 Η δημιουργία της περιήγησης.....	101
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ –ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ .....</b>	<b>113</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 .....</b>	<b>118</b>
<b>ΠΗΓΕΣ.....</b>	<b>121</b>
Α) ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	121
Β) ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ .....	122

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία ασχολείται με τη δημιουργία ενός εικονικού μουσείου. Η διαδικασία αυτή έχει αρχίσει να εφαρμόζεται διερευνητικά τα τελευταία χρόνια και οι μέθοδοι που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι διαφορετικές, άλλες λιγότερο και άλλες περισσότερο επιτυχημένες. Σκοπός της προσπάθειας είναι να δοθεί η ικανότητα στο ευρύ κοινό να έρθει σε επαφή με τον τεράστιο όγκο εκθεμάτων των μουσείων ανά τον κόσμο, μέσω του διαδικτύου.

Αρχικά η εργασία αναφέρεται στα εικονικά μουσεία που έχουν δημιουργηθεί ως τώρα. Αναλύει τί ορίζεται ως εικονικό μουσείο και ποια ανάγκη οδήγησε στη δημιουργία του. Γίνεται μια σύγκριση των ήδη υπαρχόντων εικονικών μουσείων, των μεθόδων με τις οποίες έχουν δημιουργηθεί και της αποτελεσματικότητας των μεθόδων αυτών. Μέσα από τη σύγκριση και την κατηγοριοποίηση των διάφορων μεθόδων, παρατηρούνται οι αιτίες οι οποίες κάνουν ένα εικονικό μουσείο ελκυστικό στο κοινό. Αναδεικνύεται έτσι πρωτοτυπία και η ιδιαιτερότητα της μεθόδου που χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία για την απεικόνιση του μουσείου του San Salvatore στην πόλη των Χανίων.

Πολλά από τα μουσεία τα οποία ατυχώς ονομάζονται εικονικά, είναι απλά μια συλλογή φωτογραφιών των εκθεμάτων και η παράθεσή τους σε κάποια ιστοσελίδα. Αυτή είναι και η πιο απλή τεχνική η οποία δε θα έπρεπε καν να χαρακτηρίζεται ως εικονικό μουσείο. Περισσότερο εξελιγμένες μέθοδοι είναι αυτές οι οποίες χρησιμοποιούν ψευδοτρισδιάστατες τεχνικές μέσω των προγραμμάτων Quick time και Flash player. Με τα προγράμματα αυτά τα έργα απεικονίζονται ως συνεχόμενες φωτογραφίες ιδωμένες από ένα σταθερό σημείο, αφήνοντας στον επισκέπτη μία αίσθηση τρισδιάστατου. Για τη δημιουργία πραγματικά τρισδιάστατου περιβάλλοντος χρησιμοποιείται η Virtual Reality Modeling Language (VRML) και το αποτέλεσμα είναι σαφώς βελτιωμένο σε σχέση με τις προηγούμενες περιπτώσεις. Πλέον επιτρέπεται η πλοήγηση μέσα στο εικονικό περιβάλλον και υπάρχει πλήρης ελευθερία κινήσεων στο χώρο του καρτεσιανού συστήματος συντεταγμένων που έχει οριστεί. Αυτός είναι και ο πιο διαδεδομένος τρόπος παρουσίασης τρισδιάστατων γραφικών σε πραγματικό χρόνο στο διαδίκτυο.

Για το μουσείο του San Salvatore δημιουργείται ένα πραγματικό τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον με τη μέθοδο του πανοράματος. Το λογισμικό που χρησιμοποιείται είναι το Easypano Panoweaver Version 5.00, και του Tourweaver Version 3.00, ενώ είναι απαραίτητος ο κατάλληλος εξοπλισμός για τη λήψη

φωτογραφιών. Με τη βοήθεια του λογισμικού αυτού δημιουργούνται πανοράματα του χώρου που δίνουν την αίσθηση στο χρήστη ότι βρίσκεται μέσα στη σκηνή.

Ένα βασικό στοιχείο των εικονικών μουσείων είναι τα ψηφιοποιημένα εκθέματα και ο τρόπος με τον οποίο δημιουργούνται. Σε αυτά αναφέρεται το επόμενο κεφάλαιο της εργασίας. Περιγράφεται η διαδικασία ψηφιοποίησης των αντικειμένων και πώς αυτή εξελίχθηκε μέσα στο χρόνο. Αναφέρονται οι βασικές μέθοδοι αποτύπωσης και ανακατασκευής των εκθεμάτων. Αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η σάρωση ανάλογα με το είδος του αντικειμένου, ο εξοπλισμός και το λογισμικό που είναι απαραίτητα ώστε το αποτέλεσμα να είναι πιστή αναπαράσταση της πραγματικότητας.

Παρουσιάζονται τα λογισμικά που χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία για την τρισδιάστατη αποτύπωση της σιλουέτας και της υφής των εκθεμάτων του μουσείου. Περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθείται και οι δυνατότητες του προγράμματος που χρησιμοποιούνται ώστε να υπάρχει ένα άρτιο αποτέλεσμα.

Στη συνέχεια περιγράφεται η δημιουργία της πλατφόρμας του εικονικού μουσείου με τη μέθοδο του πανοράματος. Εδώ επεξηγείται αναλυτικά ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιείται ο εξοπλισμός και το λογισμικό, ώστε να δημιουργηθεί το πανόραμα και να είναι αξιόπιστο αντίγραφο του πραγματικού χώρου.

Το επόμενο κεφάλαιο αναφέρεται στην εφαρμογή των παραπάνω μεθόδων στη δημιουργία του εικονικού μουσείου του San Salvatore στην πόλη των Χανίων. Περιγράφεται όλη η διαδικασία που ακολουθείται για τη δημιουργία του πανοράματος και την ψηφιοποίηση των εκθεμάτων. Η ιδιαιτερότητα του μουσείου αυτού σε σχέση με άλλα εικονικά μουσεία είναι πως το περιβάλλον είναι πραγματικά τρισδιάστατο και ο επισκέπτης μπορεί να μετακινηθεί όπως επιθυμεί μέσα στο χώρο. Ταυτόχρονα κάποια από τα εκθέματα είναι τρισδιάστατα, μπορούν να περιστραφούν και αποδίδεται σε αυτά η πραγματική υφή τους και όχι μόνο η σιλουέτα τους. Για τους παραπάνω λόγους το εικονικό αυτό μουσείο είναι μοναδικό, καθώς κανένα από τα άλλα που υπάρχουν στο διαδίκτυο δε συνδυάζει όλες τις παραπάνω ιδιότητες.

Τελειώνοντας, αναφέρονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη μελέτη και την εφαρμογή της διαδικασίας δημιουργίας ενός εικονικού μουσείου. Γίνονται παρατηρήσεις σχετικά με το πώς θα μπορούσαν να βελτιωθούν οι υπάρχουσες διαδικασίες ώστε να είναι πιο εύκολες στην εφαρμογή και το αποτέλεσμα να είναι πιο ελκυστικό στο κοινό. Γίνεται επίσης μία διερεύνηση της προοπτικής μιας τέτοιας προσπάθειας και του πως αυτή θα μπορέσει να συνεισφέρει στη διαφύλαξη της πολιτισμικής και πολιτιστικής κληρονομιάς των λαών.

# Κεφάλαιο 1:

## Εισαγωγή

Μία από τις σημαντικότερες ανθρώπινες αισθήσεις λέγεται ότι είναι αυτή της όρασης. Από πρώτη στιγμή της γέννησής του ο άνθρωπος αρχίζει να αντιλαμβάνεται τον κόσμο γύρω του μέσω της όρασης. Χρόνια τώρα η όραση χρησίμευε για την παρατήρηση των αντικειμένων που βρίσκονταν στον “πραγματικό”, υλικό κόσμο στον οποίο ζει και κινείται το άτομο. Με την εξέλιξη όμως της επιστήμης αυτό άρχισε να αλλάζει. Ένας νέος κόσμος γεννήθηκε σιγά σιγά. Μέσα σε αυτόν τον κόσμο είναι δυνατή η αλληλεπίδραση με αντικείμενα και η κίνηση μέσα σε χώρους που δεν είναι απτοί, υλικοί. Είναι εικονικοί.

Ο εικονικός κόσμος ή εικονική πραγματικότητα όπως συχνότερα αποκαλείται το φαινόμενο αυτό, δημιουργήθηκε και εξελίσσεται συνεχώς με τη βοήθεια των ηλεκτρονικών υπολογιστών, οι οποίοι τα τελευταία χρόνια έχουν αλματώδη ανάπτυξη και τρομακτικές υπολογιστικές δυνατότητες. Η εικονική πραγματικότητα μπορεί να οριστεί ως ένας τρισδιάστατος χώρος στον οποίο βιώνει κάποιος διάφορες καταστάσεις ή αλληλεπιδράει με κάποια αντικείμενα μέσω ενός Η/Υ. Ολόκληρο το περιβάλλον που βιώνει ο χρήστης είναι κατασκευασμένο στον Η/Υ μέσα από διάφορα προγράμματα και μεταφέρεται στο χρήστη με τη βοήθεια οπτικών μέσων όπως ειδικές οθόνες, τρισδιάστατα γυαλιά, ειδικά γάντια και άλλες συσκευές.

Η εικονική πραγματικότητα έχει πολλές χρήσεις στη σύγχρονη εποχή. Μπορεί να ψυχαγωγήσει, να πληροφορήσει, να εκπαιδεύσει, ανάλογα πάντα με το λογισμικό που χρησιμοποιείται. Με τον τελευταίο ρόλο της, αυτόν της εκπαίδευσης, ασχολείται η παρούσα εργασία. Συγκεκριμένα, οι δυνατότητες που προσφέρονται μέσω της τεχνολογίας της εικονικής πραγματικότητας και της ψηφιοποίησης εφαρμόζονται στην προσπάθεια διάδοσης και διατήρησης της πολιτιστικής κληρονομιάς

Ο τομέας αυτός μπορεί να επωφεληθεί πολύ από την υψηλής πιστότητας τρισδιάστατη απεικόνιση, για συντήρηση, μελέτη και αποκατάσταση των έργων.

Το μουσείο, όπως είναι γνωστό μέχρι σήμερα, είναι ένας χώρος έκθεσης συλλογών αντικειμένων αρχαιολογικής ή άλλης καλλιτεχνικής φύσεως με σκοπό την εκπαίδευση, τη μόρφωση και την καλλιτεχνική τέρψη του επισκέπτη. Δυστυχώς όμως δεν είναι όλα τα μουσεία το ίδιο ελκυστικά και προσβάσιμα για τον καθένα, είτε λόγω της στατικότητας των εκθεμάτων είτε λόγω της απόστασης από αυτά ή τέλος εξαιτίας του γεγονότος ότι τα μουσεία λόγω περιορισμένου χώρου εκθέτουν ένα μικρό μόνο μέρος των συχνά τεράστιων συλλογών τους (περίπου ένα 15-20%). Για το λόγο αυτό



πολλοί μουσειακοί οργανισμοί παράλληλα και με την εξάπλωση του διαδικτύου και την εξέλιξη της εικονικής πραγματικότητας αποφάσισαν να ψηφιοποιήσουν ένα μέρος των συλλογών τους και να το διαθέσουν προς έκθεση στις ιστοσελίδες τους, με στόχο την καλύτερη ενημέρωση του κοινού, την μεγαλύτερη διαφήμιση του μουσείου, την ευαισθητοποίηση του κοινού σε πολιτιστικά θέματα ή για εκπαιδευτικούς λόγους.

Έτσι άρχισαν να δημιουργούνται τα εικονικά μουσεία, τα οποία δεν είναι τίποτε άλλο παρά η έκθεση αντικειμένων και πληροφοριών σε ένα εικονικό τρισδιάστατο ή ψευδο-τρειςδιάστατο περιβάλλον.

## Μέρος Ι :

# Ψηφιοποίηση της πολιτιστικής κληρονομιάς

## Κεφάλαιο 2:

### Εικονικά μουσεία

#### 2.1 Οι λόγοι που οδήγησαν στην ψηφιοποίηση της πολιτιστικής κληρονομιάς

Πρόσφατα η προσοχή της επιστημονικής κοινότητας έχει στραφεί προς την εφαρμογή τεχνικών τρισδιάστατης ψηφιοποίησης για σκοπούς που εξυπηρετούν τη συντήρηση έργων πολιτιστικής κληρονομιάς. Για την ακρίβεια αναγνωρίζονται οι ακόλουθοι τομείς εφαρμογής, παρόλο που η παρακάτω λίστα δεν είναι εξαντλητική:

##### A) Ψηφιακά αρχεία τρισδιάστατων μοντέλων

Η αποτελεσματική αρχειοθέτηση και παράθεση των αρχαίων τεχνουργημάτων είναι μία απαραίτητη διαδικασία για τον τομέα της διατήρησης της πολιτιστικής κληρονομιάς. Οι παραδοσιακές μέθοδοι περιλαμβάνουν χειροποίητα σχέδια και φωτογραφίες των αντικειμένων υπό διαφορετικές οπτικές γωνίες. Όλες αυτές οι μέθοδοι είναι αργές, χρονοβόρες, και περιλαμβάνουν ένα σωρό περιορισμούς. Ένα ψηφιακό αρχείο υψηλής ποιότητας τρισδιάστατων μοντέλων θα αποτελούσε σοβαρή βελτίωση σε αυτό τον τομέα. Αυτού του είδους τα αρχεία είναι ανθεκτικά, μη αναλώσιμα και αμετάβλητα. Επομένως, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως σημεία αναφοράς, με βάση τα οποία να παρατηρείται ο πιθανός εκφυλισμός ή οι εργασίες συντήρησης ενός έργου. Ανάλογα με το είδος αυτών των μοντέλων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διαφορετικές εφαρμογές. Υψηλής ακρίβειας μοντέλα των πιο πολύτιμων έργων τέχνης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη των αρχικών ιδιοτήτων και την προστασία της κληρονομιάς. Σε περίπτωση φθοράς τα έργα τέχνης θα μπορούν να αποκατασταθούν με βάση το υπάρχον ψηφιακό μοντέλο. Ψηφιακά μοντέλα χαμηλής ανάλυσης θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τα μουσεία για λόγους καταγραφής και αρχειοθέτησης των συλλογών τους. Επίσης, περιοδική σάρωση των διάφορων έργων θα μπορεί να διασφαλίσει τον έλεγχο για πιθανές τυχαιές φθορές των έργων τέχνης από ανθρώπινο σφάλμα.

##### B) Υψηλής πιστότητας αντίγραφα των έργων τέχνης.

Στη βιομηχανία έχουν αναπτυχθεί πολλές τεχνικές αντίστροφης μηχανικής και ταχείας πρωτοτυποποίησης. Για παράδειγμα η στερεολιθογραφία είναι μία πολύ δημοφιλής τεχνική που ενεργεί με λογική αντίστοιχη ενός εκτυπωτή laser. Όπως ο

υπολογιστής καθοδηγεί το laser να τυπώσει το μελάνι γραμμή προς γραμμή, με στόχο να αναπαράγει μία τυπωμένη σελίδα, στη στερεολιθογραφία ο υπολογιστής καθοδηγεί το laser να στερεοποιήσει ένα φωτοευαίσθητο πολυμερές, στρώση στρώση για να αναπαράγει ένα φυσικό αντικείμενο. Από την άλλη πλευρά, συχνά έργα τέχνης που είναι εκτεθειμένα σε εξωτερικό περιβάλλον πρέπει να αντικατασταθούν από αντίγραφα και τα μουσεία πρέπει να αντιγράψουν έργα τέχνης τόσο για αρχειοθέτηση όσο και για εμπορικούς σκοπούς. Η διάθεση τρισδιάστατων μοντέλων θα μπορούσε να απλοποιήσει τη διαδικασία, να την κάνει ευκολότερη και οικονομικότερη.

Γ) Γνωριμία με έργα της πολιτιστικής κληρονομιάς από απόσταση

Η γνωριμία με την πολιτιστική κληρονομιά περιορίζεται στη σύγχρονη εποχή από τη διαθεσιμότητα των έργων τέχνης. Η αναπαλαίωση των έργων, συνήθως διαρκεί μεγάλο χρονικό διάστημα, εμποδίζοντας τους επισκέπτες από το να τα δουν. Συγκεκριμένα η απώλεια ενός έργου τέχνης ή απλά τα μακρινά ταξίδια που απαιτούνται για να τα επισκεφτεί κανείς, κάνουν τη διδασκαλία της τέχνης όχι και τόσο αποτελεσματική. Σε αυτό τον τομέα τα ψηφιακά μοντέλα προσφέρουν μια νέα εντυπωσιακή προοπτική. Επιπλέον, η μελέτη από απόσταση καθίσταται ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα ειδικά όταν το έργο τέχνης βρίσκεται σε θέση μη προσβάσιμη, για παράδειγμα στην κορυφή ενός ιστορικού μνημείου.

Δ) Ψηφιακή αποκατάσταση

Τα τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα δίνουν κίνητρο για τεχνικές εικονικής αποκατάστασης. Τα εργαλεία που παρέχουν οι υπολογιστές μπορούν εικονικά να αναδομήσουν κατεστραμμένα τμήματα έργων τέχνης και να τους δώσουν την αρχική τους μορφή. Επίσης, με τη βοήθεια των γραφικών των υπολογιστών τα έργα τέχνης μπορούν να αποδοθούν ακόμη και στο αρχικό αρχιτεκτονικό περιβάλλον στο οποίο βρισκόταν.

Ε) Παρακολούθηση της πολιτιστικής κληρονομιάς

Η πολιτιστική κληρονομιά χρειάζεται συνεχή παρακολούθηση. Τα έργα που βρίσκονται σε εξωτερικό περιβάλλον βλάπτονται διαρκώς από ατμοσφαιρικούς παράγοντες και μη αναστρέψιμα, ενώ οι ζημιές ανακαλύπτονται συχνά πολύ αργά. Υψηλής ακρίβειας ψηφιακή παρακολούθηση ανά τακτά χρονικά διαστήματα μπορεί να ανιχνεύσει πολύ μικρές παραμορφώσεις, επιτρέποντας αποτελεσματική και έγκαιρη παρέμβαση. (1)

## 2.2 Ορισμός του μουσείου στον παγκόσμιο

### ιστό

Σύμφωνα με την παραδοσιακή έννοια του όρου και τον ορισμό του ICOM, το μουσείο είναι ένα ίδρυμα μόνιμο, ανοιχτό στο κοινό, το οποίο αποκτά, συντηρεί και εκθέτει σ' έναν σταθερό χώρο, μία μόνιμη συλλογή υλικών μαρτυριών από τη ζωή του ανθρώπου και του περιβάλλοντός του. Με βάση την παραδοσιακή αυτή οπτική, το μουσείο γίνεται αντιληπτό ως κάτι χειροπιαστό, ως μια συλλογή αντικειμένων που βρίσκεται στην κατοχή ενός οργανισμού ή ενός ιδιώτη, ο οποίος αναλαμβάνει κατά κύριο λόγο να εμπλουτίσει και στη συνέχεια να συντηρήσει και να παρουσιάσει τη συλλογή αυτή στο κοινό. Δύσκολα όμως θα μπορούσε να συμπεριληφθεί σε έναν τέτοιον ορισμό, ένας οργανισμός που δε διαθέτει μία μόνιμη συλλογή ή ένα μοντέλο μουσείου ανάλογο με εκείνα των κέντρων τέχνης ή επιστήμης, τα οποία διοργανώνουν περιοδικές εκθέσεις, φιλοξενώντας έργα τέχνης ή τα επιστημονικά και τεχνολογικά επιτεύγματα μιας εποχής.

Ακόμα μεγαλύτερη δυσκολία όμως παρουσιάζεται στην προσπάθεια προσδιορισμού της έννοιας και του ρόλου του μουσείου στο διαδίκτυο. “Στο μυαλό μερικών ανθρώπων, μόνο τα αντίστοιχα των πραγματικών εικονικά μουσεία - αντίστοιχα με την παραδοσιακή έννοια του όρου - μπορούν να θεωρηθούν ως εικονικά. Από την άλλη όμως, πολλοί κόμβοι του Παγκόσμιου Ιστού, οι οποίοι παρουσιάζουν με έναν τρόπο διαρκή μία συλλογή στην οποία έχει κανείς πρόσβαση αποκλειστικά μέσω του διαδικτύου., θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν επίσης, εντελώς δαισθητικά, εικονικά μουσεία” [(9) MAGNETS, 1998]. Μέχρι σήμερα έχει τονιστεί κυρίως η πρώτη εκδοχή. Οι άνθρωποι που εμπλέκονται στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, έχουν υιοθετήσει την άποψη ότι το μουσείο παρέχει κατά κύριο λόγο πληροφορία, την οποία αναπαράγουν στατικά στον Παγκόσμιο Ιστό προβάλλοντας κυρίως τις συλλογές των αντίστοιχων πραγματικών μουσείων. Η προσέγγιση αυτή προϋποθέτει τη βαθιά πίστη στον κύριο ρόλο του μουσείου ως χώρου “αντικειμένων”. Αλλά είναι τα αντικείμενα ή οι ιδέες που αντιπροσωπεύουν, τις οποίες τα μουσεία οργανώνουν και καλλιεργούν; Υπάρχουν και άλλες προσεγγίσεις του μουσείου που μπορούν να διευρύνουν την οπτική όσον αφορά την παρουσία του στον Παγκόσμιο Ιστό.

Σύμφωνα με την προσέγγιση της “Νέας Μουσειολογίας”, του ρεύματος που αποκρυσταλλώνει τα συμπεράσματα ενός προβληματισμού που διατυπώθηκε την τελευταία εικοσαετία, τα μουσεία γίνονται αντιληπτά ως χώροι αλληλένδετοι με το κοινωνικό, οικονομικό και πολιτικό πλαίσιο μέσα στο οποίο υπάρχουν και

λειτουργούν. Εξ ορισμού λοιπόν, καλούνται να δώσουν νόημα στους πολιτισμούς που εκπροσωπούν, ν' αποκτήσουν μεγαλύτερη σημασία για την κοινότητα και τα μέλη της και να συμμετάσχουν στη διαδικασία διαμόρφωσης συλλογικής και ατομικής ταυτότητας. Είναι εμφανές ότι μέσα από τη νέα αυτή οπτική, το κέντρο βάρους μετατοπίζεται από τα αντικείμενα στους ανθρώπους, είτε ως τους δημιουργούς των μουσείων είτε ως της παραμέτρου που δίνει νόημα στα μουσεία. Αυτή η προσωποκεντρική αντίληψη, συνεπάγεται ότι τα μουσεία δεν είναι στατικά στο χρόνο αλλά συνεχώς δημιουργούνται και αναδημιουργούνται. Το μουσείο λοιπόν, ως δυναμική και ιστορική έκφραση της ανθρώπινης προσπάθειας, σε όλες τις σύνθετες μορφές της, θα κατανοήσει και θα παρουσιάσει τον υλικό πολιτισμό και τις επιδράσεις του σε ατομικό και κοινωνικό επίπεδο (1).

Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει η Lynne Teather (13), «είναι ο προσωπικός τρόπος με τον οποίο βιώνει και αντιλαμβάνεται κανείς το μουσείο, ο οποίος συνιστά και την ουσία της έννοιας και του ρόλου του. Το μουσείο τότε, ως ιδέα, μπορεί να υπάρχει είτε στο μουσείο που φτιάχνει κανείς στη γωνία του σπιτιού του, είτε στον Παγκόσμιο Ιστό ως εικονικό μουσείο ή ως μουσείο που έχει αναπαρασταθεί εικονικά. Με αυτή την έννοια το μουσείο υπάρχει με τρεις διαφορετικούς τρόπους: ως αντικείμενα, ως νοήματα και ως άνθρωποι. Κυρίως όμως υπάρχει στην αλληλεξάρτηση των παραπάνω, και αυτό το πλήθος παραμέτρων ενώνει την ποικιλία των απόψεων γύρω από τα μουσεία, σε μια διαλεκτική συζήτηση που επανεμφανίζεται ξανά και ξανά μέσα στο χρόνο.»

Ανάλογα λοιπόν μπορεί να φανταστεί κανείς το μουσείο στον Παγκόσμιο Ιστό, ως άλλη μια μορφή επικοινωνίας, που όπως και στη μουσειολογία, μπορεί να είναι οποιαδήποτε άλλη, και η οποία μοιράζεται μερικές από τις ίδιες εντάσεις σ' επίπεδο πολιτικής και σημασιολογίας με τους τέσσερις τοίχους των φυσικών μουσείων.

Ειδικότερα όμως, η χρήση του Παγκόσμιου Ιστού και της τεχνολογίας του διαδικτύου, ως του κατεξοχήν ευνοϊκού πεδίου έκφρασης των πολλαπλών νοημάτων και συνδυασμών των αντικειμένων, μπορεί να βοηθήσει να ανακαλυφθούν νέες σχέσεις ανάμεσα στα εκθέματα, τις πληροφορίες και τις εμπειρίες των επισκεπτών, και να συμβάλει στην εκπλήρωση του βασικού προορισμού των μουσείων (1).

### **2.3 ταξινόμηση των εικονικών μουσείων**

Ο παραπάνω προβληματισμός αποτυπώνεται χαρακτηριστικά στην εξέλιξη και την ποικιλία των κόμβων του Παγκόσμιου Ιστού που αφορούν τα μουσεία και τον πολιτισμό. Από τους πρώτους που προσπάθησαν να χαρτογραφήσουν την άγνωστη

αυτή περιοχή, ήταν η Maria Piacente, το 1996, στη μεταπτυχιακή της εργασία στα πλαίσια των μουσειολογικών σπουδών στο Πανεπιστήμιο του Toronto(11). Μελέτησε 200 κόμβους μουσείων στον Παγκόσμιο Ιστό και τους ταξινόμησε σε τρεις κατηγορίες :

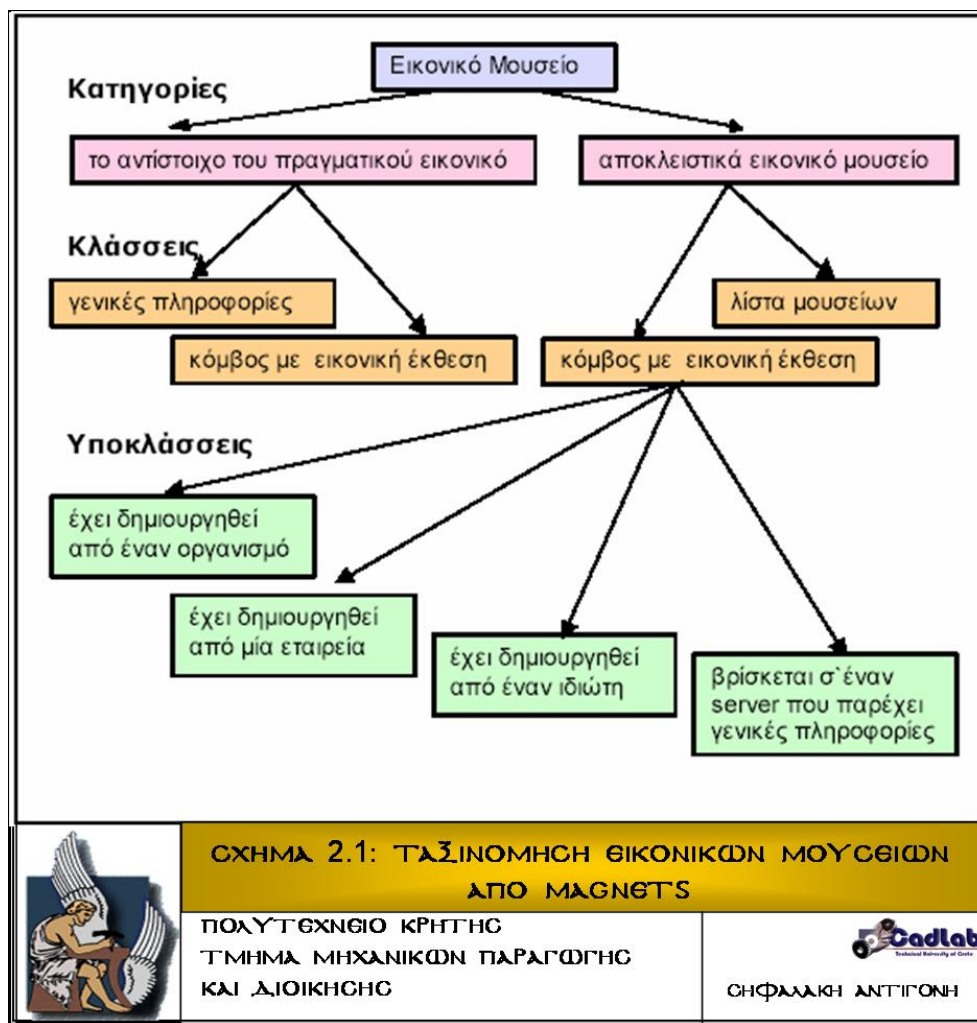
(1) «*Ηλεκτρονική Μπροσούρα*» : Πρόκειται για έναν καθαρά διαφημιστικό κόμβο, μια ηλεκτρονική έκδοσή του έντυπου φυλλαδίου που συχνά διανέμεται δωρεάν στους επισκέπτες των μουσείων. Αυτός ο τύπος κόμβου, παρέχει βασικές πληροφορίες για τη φύση του μουσείου και τη συλλογή του, τις ώρες που είναι ανοιχτό και άλλες τέτοιου είδους λεπτομέρειες.

(2) «*Το Μουσείο στην Εικονική Πραγματικότητα*»: Σ' αυτήν την περίπτωση, το πραγματικό μουσείο προβάλλεται στον Παγκόσμιο Ιστό μέσα από χάρτες, εσωτερικές κατόψεις, αναπαραγωγές έργων τέχνης και συχνά όψεις κάποιων αιθουσών, που επιτρέπουν στο χρήστη του διαδικτύου να περιδιαβεί τη συλλογή κάνοντας μια "εικονική επίσκεψη". Πρόκειται δηλαδή για μια αναπαραγωγή της πραγματικής ζωής του μουσείου, όπου στις περισσότερες περιπτώσεις δίνεται βαρύτητα στην εκτεταμένη παρουσίαση και τεκμηρίωση των συλλογών, με την υποστήριξη ή όχι τεχνολογίας βάσεων δεδομένων. Ένα από τα παραδείγματα που παραθέτει και η ίδια η Piacente, είναι το Peabody Museum of Archaeology and Ethnology (<http://www.peabody.harvard.edu/exhibitions.html> ).

(3) «*Οι πραγματικά διαδραστικοί κόμβοι*», ή κατά τον Robert Fulford (6), «*Ο δημιουργικός κόμβος*»: Σε αυτήν την κατηγορία εντάσσονται κόμβοι των οποίων οι σελίδες μπορεί να έχουν κάποια σχέση με το πραγματικό μουσείο, αλλά κυρίως επαναεπινοούν το μουσείο και καλούν τους επισκέπτες να κάνουν το ίδιο. Αυτός ο τύπος κόμβου δίνει μια νέα ταυτότητα στο μουσείο, και λειτουργεί ως ένας παράλληλος οργανισμός που εκφράζει κυρίως τους παιδαγωγικούς και ερευνητικούς στόχους του μουσείου μέσα από δρόμους απόλυτα προσαρμοσμένους στην τεχνολογία του διαδικτύου. Η ονομασία των κόμβων αυτών συχνά είναι διαφορετική από το όνομα του μουσείου και αυτό παρατηρείται κυρίως με τους κόμβους κέντρων επιστήμης και τεχνολογίας. Μεταξύ άλλων αναφέρονται το Minneapolis Institute of Arts (<http://www.artsmia.org/>) και το Children's Museum of Indianapolis (<http://www.childrensmuseum.org/>).

Παρατηρείται ότι η διάκριση των παραπάνω κόμβων σε τρεις κατηγορίες, έγινε κυρίως με κριτήριο το βαθμό διαδραστικότητας των κόμβων αυτών, το βαθμό δηλαδή που ελήφθησαν υπ' όψη οι πραγματικές ανάγκες ή τα ενδιαφέροντα των χρηστών ή δυνάμει επισκεπτών. Το βαθμό εν τέλει αξιοποίησης των δυνατοτήτων των νέων τεχνολογιών για την εκπλήρωση του προορισμού ενός μουσείου.

Σύμφωνα με την τελική αναφορά του MAGNETS (Museum And Galleries New Technology Study), τα εικονικά μουσεία μπορούν να διακριθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Αυτές διαιρούνται περαιτέρω σε κλάσεις, μέσω των οποίων γίνεται περισσότερο κατανοητή η παραπάνω διάκριση. Ταυτόχρονα παρακολουθείται η εξέλιξη των κόμβων του Παγκόσμιου Ιστού σχετικά με την τέχνη. (Σχήμα 2.1)



Η πρώτη κατηγορία, τα αντίστοιχα των πραγματικών εικονικά μουσεία, συμπεριλαμβάνει από τη μια τους κόμβους οι οποίοι προσφέρουν στο κοινό κάποιες γενικές πληροφορίες για ένα υπαρκτό μουσείο, και από την άλλη εκείνους που εκθέτουν ένα μεγαλύτερο ή μικρότερο μέρος της συλλογής ενός τέτοιου μουσείου. Η διάκριση δηλαδή γίνεται με κριτήριο την ύπαρξη ή όχι μιας εικονικής έκθεσης.

Όσον αφορά τη δεύτερη κατηγορία, τα αποκλειστικά εικονικά μουσεία, διακρίνεται σε δύο κλάσεις. Η πρώτη αφορά τους κόμβους οι οποίοι παρουσιάζουν στους χρήστες μια εικονική έκθεση αφιερωμένη στην τέχνη. Αυτή με τη σειρά της υποδιαιρείται σε τέσσερις υποκλάσεις με κριτήριο το φορέα υλοποίησης του κόμβου



και το σκοπό για τον οποίο δημιουργήθηκε. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν, ο κόμβος του Γαλλικού Υπουργείου Πολιτισμού και Επικοινωνιών (<http://www.culture.fr/>), το «Φανταστικό Μουσείο» της εταιρείας Virgin ([http://www.virgin.fr/virgin/html/smart/musee/dada\\_1.html](http://www.virgin.fr/virgin/html/smart/musee/dada_1.html)) ή ο κόμβος ενός ιδιώτη που αφορά τον Dalí και το έργο του (<http://wildsau.idv.uni-linz.ac.at/~chris/Dali/>). Η δεύτερη υποκλάση περιλαμβάνει λίστες με διευθύνσεις κόμβων (WWA, LAM, ICOM) που αναφέρονται σε πραγματικά μουσεία, και εντάσσονται σε αυτή την κατηγορία γιατί κάθε μία από αυτές τις διευθύνσεις, μπορεί να γίνει αντιληπτή ως διαφορετική αίθουσα ενός εικονικού μουσείου στο οποίο ο χρήστης έχει πρόσβαση αποκλειστικά μέσω του διαδικτύου.

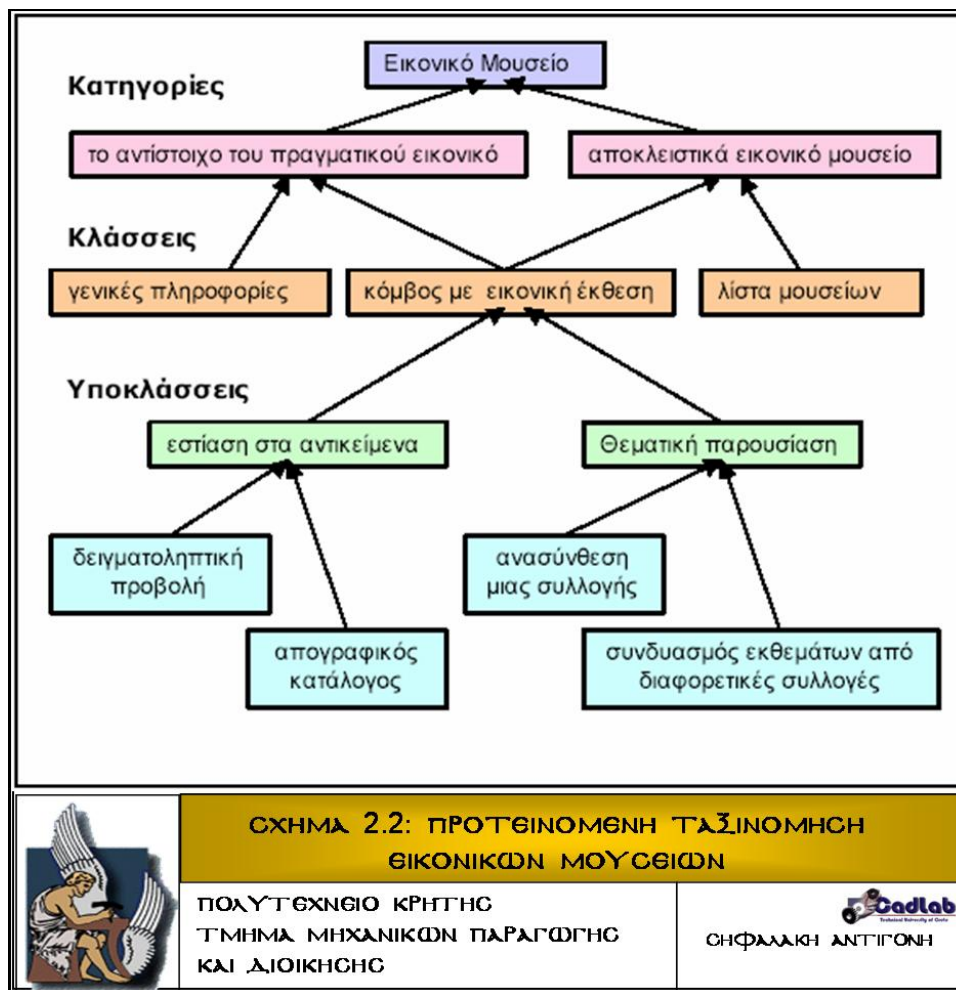
Όπως διαπιστώνεται, η παραπάνω ταξινόμηση έχει γίνει πρωτίστως με κριτήριο τους φορείς για λογαριασμό των οποίων έχουν δημιουργηθεί οι σχετικοί κόμβοι, αλλά και με βάση το κριτήριο εάν τα αντικείμενα που εκτίθενται στον κάθε κόμβο, ανήκουν στη μόνιμη συλλογή ενός μουσείου, ή αν έχουν επιλεγεί από ένα σύνολο συλλογών, δημόσιων ή ιδιωτικών, και παρουσιάζονται για πρώτη φορά μ' αυτή τη σύνθεση στον Παγκόσμιο Ιστό.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν και την εξέλιξη των κόμβων του Παγκόσμιου Ιστού από το 1997 και μετά, γίνεται μία προσπάθεια σύνθεσης των δύο παραπάνω ταξινομήσεων σ' ένα ενιαίο σχήμα με κριτήριο κυρίως το περιεχόμενο και τον τρόπο παρουσίασης και οργάνωσης των εικονικών εκθέσεων. Στο παρακάτω σχήμα αποκρυσταλλώνονται οι διαφορετικές προσεγγίσεις του μουσείου, και ταυτόχρονα αποτυπώνονται οι προσπάθειες αξιοποίησης των δυνατοτήτων των νέων τεχνολογιών για νοηματοδότηση των αντικειμένων και κάλυψη των αναγκών πολλαπλών χρηστών. (Σχήμα 2.2)

Θεωρώντας την κλάση κόμβος με εικονική έκθεση ως ενιαία κλάση και των δύο μεγάλων κατηγοριών, τα αντίστοιχα των πραγματικών εικονικά μουσεία και τα αποκλειστικά εικονικά μουσεία, διακρίνεται σε δύο υποκλάσεις : α) *εστίαση στα αντικείμενα* και β) *θεματική παρουσίαση* των εκθεμάτων. Στη συνέχεια υποδιαιρείται η πρώτη υποκλάση σε δύο περαιτέρω υπο-υποκλάσεις με τίτλο : α) *δειγματοληπτική προβολή* και β) *απογραφικός κατάλογος*, και τη δεύτερη σε άλλες δύο με την ονομασία : α) *ανασύνθεση μιας συλλογής* και β) *συνδυασμός εκθεμάτων από διαφορετικές συλλογές*.

Στην υπο-υποκλάση με τον τίτλο *δειγματοληπτική προβολή*, εντάσσονται οι κόμβοι με εικονική έκθεση των πιο αντιπροσωπευτικών έργων μιας συλλογής, των οποίων η παρουσίαση είναι γραμμική και στατική. Την πιο απλή περίπτωση, αποτελεί η τεκμηρίωση της ταυτότητας των έργων τέχνης, η οποία συνήθως συμπληρώνεται από εικόνα κι ένα μικρό κείμενο. Με τη διαρκή όμως εξέλιξη των

τεχνολογιών ανάπτυξης των κόμβων του Παγκόσμιου Ιστού, η χρήση ήχου και κινητής ή τρισδιάστατης εικόνας, αποτελεί την όλο και πιο διαδεδομένη μέθοδο παρουσίασής τους. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί από τη μια ο κόμβος του μουσείου του Λούβρου, και από την άλλη ο ιδιωτικός κόμβος που ήδη προαναφέρθηκε με δειγματοληπτική παρουσίαση έργων του Dali (<http://www.louvre.fr/> , <http://wildsau.idv.uni-linz.ac.at/~chris/Dali/>).



Η δεύτερη υπο-υποκλάση της υποκλάσης *εστίαση στα αντικείμενα*, περιλαμβάνει τους δυναμικούς κόμβους που προσφέρουν μέσω συστημάτων ανάκτησης πληροφοριών, πλήρεις και λεπτομερείς απογραφικούς καταλόγους των δημόσιων ή ιδιωτικών συλλογών, και καλύπτουν κυρίως διαχειριστικές και ερευνητικές ανάγκες. Εδώ εντάσσονται ο κόμβος του State Hermitage Museum και του Γαλλικού Υπουργείου Πολιτισμού και Επικοινωνιών (<http://www.hermitagemuseum.org/> , <http://www.culture.fr/>).

Η πρώτη υπο-υποκλάση της υποκλάσης *θεματική παρουσίαση*, αφορά τους κόμβους οι οποίοι παρουσιάζουν τα εκτιθέμενα έργα ενός μουσείου μέσω προτεινόμενων περιηγήσεων, οι οποίες ανασυνθέτουν και αναδιοργανώνουν τις υπάρχουσες συλλογές, με βάση κάποια κριτήρια ή θεματικές ενότητες που συμβάλλουν στην εμβάθυνση της μελέτης τους και εξυπηρετούν παιδαγωγικούς σκοπούς. Στην προκειμένη περίπτωση τα εκτιθέμενα έργα παρουσιάζονται για πρώτη φορά με αυτή τη σύνθεση στον Παγκόσμιο Ιστό. Χαρακτηριστικά αναφέρονται ο κόμβος του National Gallery of Art, Washington D.C. και ο κόμβος του Franklin Institute Science Museum's Science Learning Network (<http://www.nga.gov/> , <http://sln.fi.edu/>).

Στην υπο-υποκλάση, *συνδυασμός εκθεμάτων από διαφορετικές συλλογές*, συμπεριλαμβάνονται κόμβοι που έχουν δημιουργηθεί από οποιονδήποτε φορέα, και οι οποίοι παρουσιάζουν, αποκλειστικά στον Παγκόσμιο Ιστό, εκθέσεις έργων τέχνης από διαφορετικές συλλογές. Μπορούν όμως να συμπεριληφθούν και κόμβοι που αντιστοιχούν σε πραγματικά μουσεία, τα οποία διοργανώνουν εκθέσεις με βάση ένα θεματικό άξονα φιλοξενώντας εκθέματα από πολλά διαφορετικά μουσεία, και ταυτόχρονα τις παρουσιάζουν στον Παγκόσμιο Ιστό. Για την πρώτη περίπτωση αναφέρονται ενδεικτικά ο κόμβος που δημιούργησε για τον Picasso το Texas A&M University, και για τη δεύτερη τον κόμβο του Μουσείου Μοντέρνας Τέχνης στη Νέα Υόρκη (<http://www.tamu.edu/mocl/picasso> , <http://www.moma.org/> ).

Καταλήγοντας, θα πρέπει να τονιστεί ότι δύο ή τρεις τουλάχιστον από τις παραπάνω προσεγγίσεις, μπορεί να προβάλλονται ως διαφορετικές επιλογές στα πλαίσια του ίδιου κόμβου, καλύπτοντας έτσι τις πολλές διαφορετικές κατηγορίες χρηστών και τις απαιτήσεις τους. Από την άλλη, οι περισσότεροι κόμβοι του Παγκόσμιου Ιστού που αφορούν τα μουσεία και τον πολιτισμό, ανανεώνονται και εμπλουτίζονται διαρκώς προς μια κατεύθυνση ποιοτικής αναβάθμισης των προσφερόμενων υπηρεσιών τους. Διαπιστώνεται δηλαδή ότι δεν εξυπηρετούν πια αποκλειστικά διαφημιστικούς σκοπούς, αλλά δίνεται όλο και μεγαλύτερη βαρύτητα στην εκπλήρωση του παιδαγωγικού ρόλου του μουσείου (1).

## **2.4 Παραδείγματα εικονικών μουσείων στο διαδίκτυο**

Μέσα από έρευνα στο διαδίκτυο, βρέθηκαν αρκετές ιστοσελίδες εικονικών μουσείων, δημιουργημένων από γνωστά ή μη συμβατικά μουσεία. Σε πολλά όμως από αυτά τα αποκαλούμενα εικονικά μουσεία συγχέεται ο ορισμός όπως αυτός

παρατέθηκε νωρίτερα. Κάποια από αυτά είναι απλά μία συλλογή πληροφοριών και φωτογραφιών των εκθεμάτων που παρουσιάζονται στο δίκτυο. Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποιες ιστοσελίδες μουσείων και δίνονται τα βασικά τους χαρακτηριστικά.

#### 2.4.1 Μουσείο Diego Rivera, Μεξικό



Αν και στις μηχανές αναζήτησης αναφέρεται ως εικονικό μουσείο, στην ουσία χρησιμοποιεί μία ψευδο-τρισδιάστατη τεχνική απεικόνισης των έργων του ζωγράφου Diego Rivera κάνοντας χρήση των προγραμμάτων quicktime και flash. Με τα προγράμματα αυτά τα έργα απεικονίζονται ως συνεχόμενες φωτογραφίες ιδωμένες από ένα σταθερό σημείο πράγμα το οποίο αφήνει στον επισκέπτη μία αίσθηση του τρισδιάστατου. (<http://www.diegorivera.com/index.php>)

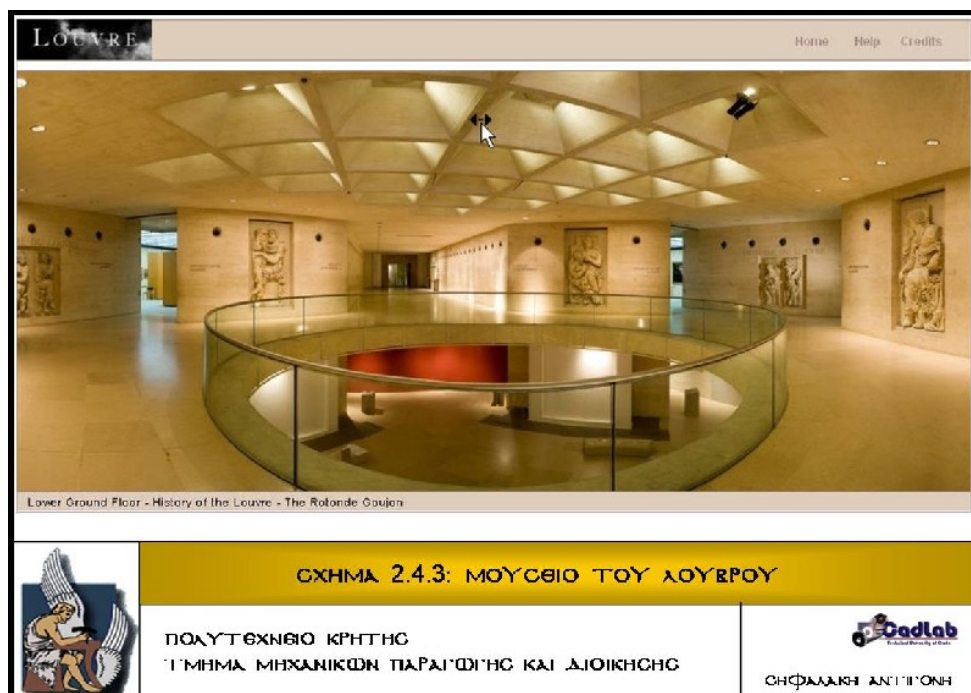


## 2.4.2 Μουσείο σύγχρονης τέχνης, Ιαπωνία



Και αυτό το μουσείο ενώ αναφέρεται ως εικονικό, χρησιμοποιεί το πρόγραμμα flash ώστε να δώσει μια κινητικότητα στην ιστοσελίδα παρά για την απόδοση κάποιων τρισδιάστατων γραφικών. (<http://www.haramuseum.or.jp>)

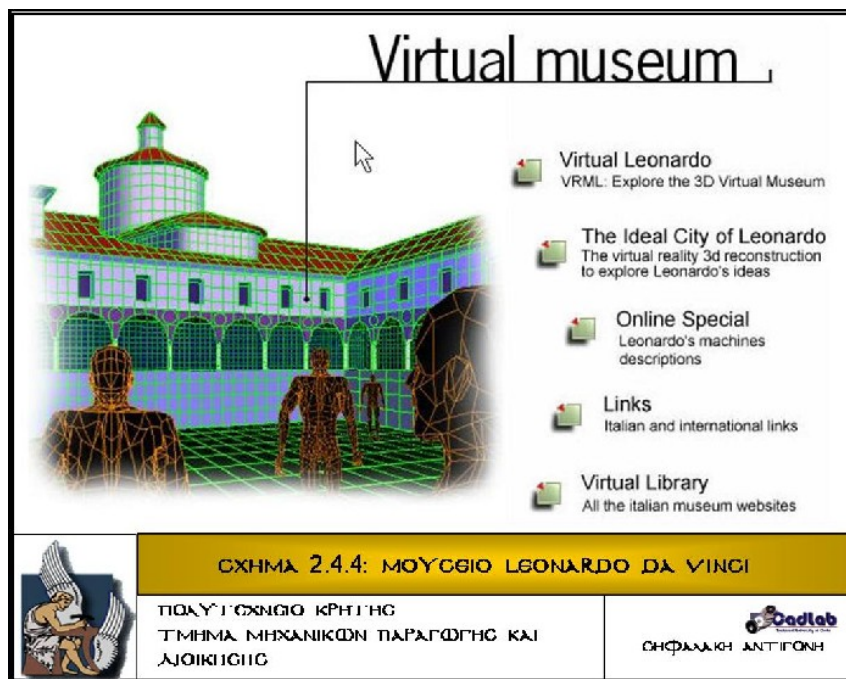
## 2.4.3 Λούβρο, Γαλλία



Το γνωστό αυτό μουσείο χρησιμοποιεί τεχνική ψευδο-απεικόνισης μέσω του προγράμματος quicktime για την προβολή ενός αρκετά μεγάλου αριθμού εκθεμάτων από χαρακτηριστικές ιστορικές περιόδους. Ο επισκέπτης παρακολουθεί μια ενιαία

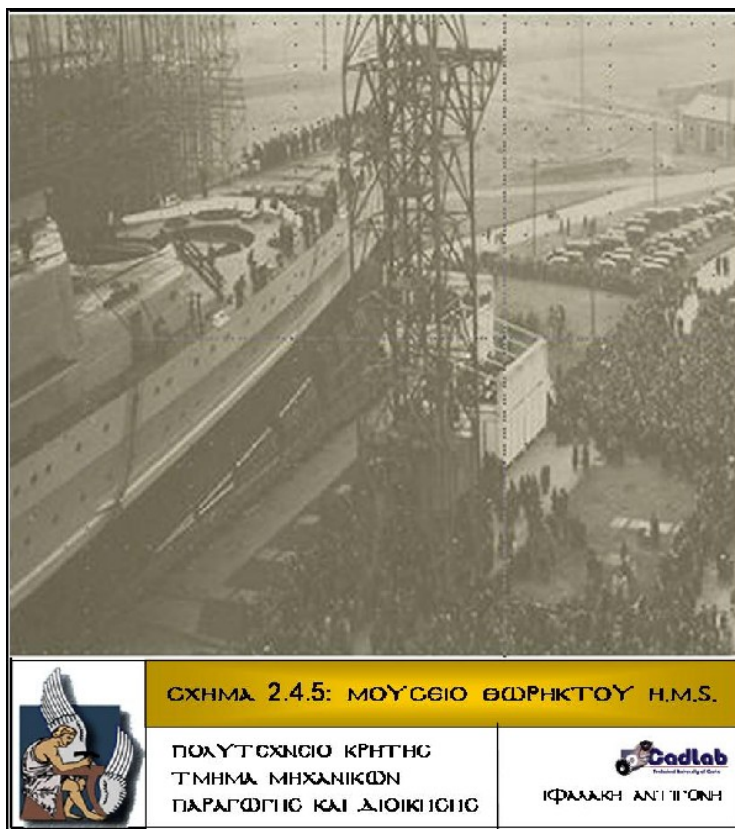
φωτογραφία με προοπτική 360 μοιρών. Το αρνητικό και εδώ είναι ότι τα δρώμενα παρακολουθούνται από ένα σταθερό, καθορισμένο σημείο αφού το πρόγραμμα quicktime δεν αφήνει τη δυνατότητα κίνησης αλλά μόνο περιστροφής κατά 360 μοίρες. (<http://www.louvre.fr/llv/commun/home>)

#### 2.4.4 Μουσείο επιστημών Da Vinci, Ιταλία



Στο μουσείο αυτό γίνεται πραγματική χρήση τρισδιάστατου περιβάλλοντος, αφού παρουσιάζεται μία ιδεατή πόλη της Αναγέννησης σύμφωνα με σχέδια του Ιταλού επιστήμονα της Αναγέννησης Leonardo Da Vinci. Ο επισκέπτης καλείται να πλοηγηθεί σε πραγματικό χρόνο στους δρόμους του τρισδιάστατου μοντέλου της πόλης, να συνομιλήσει με άλλους επισκέπτες, ακόμη και να ξεναγηθεί από ειδικούς τρισδιάστατους ξεναγούς. Η μελέτη αυτή έχει υλοποιηθεί από το μουσείο σε συνεργασία με το Πολυτεχνείο του Μιλάνου ενώ κάνει χρήση της γλώσσας μοντελοποίησης εικονικής πραγματικότητας (Virtual Reality Modeling Language - VRML). Η VRML είναι μία ευρέως διαδεδομένη γλώσσα η οποία κωδικοποιεί τρισδιάστατα δεδομένα αρκετά εύκολα. Τα δεδομένα αυτά παρουσιάζει με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού στον επισκέπτη στο διαδίκτυο, μέσω του φυλλομετρητή του. Κατά την πλοήγηση του χρήστη σε χώρους ή αντικείμενα κατασκευασμένα με VRML υπάρχει πλήρης ελευθερία κινήσεως κατά το καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων που ορίζει το χώρο, το οποίο σημαίνει στη συγκεκριμένη περίπτωση ότι δίνεται η δυνατότητα να πλοήγησης μέσα στην ιδεατή πόλη του Da Vinci ή παρατήρησής της

“πετώντας” πάνω από αυτή. Ως αυτή τη στιγμή που γράφεται αυτή η εργασία η VRML είναι ο πιο διαδεδομένος τρόπος παρουσίασης τρισδιάστατων γραφικών σε πραγματικό χρόνο στο διαδίκτυο.  
(<http://www.museoscienza.org/english/museovr/Default.htm>)



#### 2.4.5 Μουσείο θωρηκτού H.M.S. Belfast, Αγγλία

Το μουσείο αυτό θεωρείται ως ζωντανό, εφόσον βρίσκεται πάνω σε πολεμικό πλοίο του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου το οποίο έχει πια παροπλιστεί και είναι ανοιχτό στο κοινό. Η καταχώρησή του ως εικονικό μουσείο έγκειται στο γεγονός ότι παρουσιάζει στο χρήστη, με τη βοήθεια των προγραμμάτων flash και java, χώρους από το εσωτερικό του πλοίου, παρόμοια με το πρόγραμμα quicktime στο μουσείο του Λούβρου. Εδώ ο επισκέπτης καλείται να επιλέξει ένα κατάστρωμα του πλοίου καθώς και ένα τμήμα σε αυτό και στη συνέχεια περιεργάζεται το χώρο αυτό σε ένα ισομετρικό περιβάλλον αλλά παρόλα αυτά καθηλωμένος σε ένα δεδομένο σημείο. Η αίσθηση του τρισδιάστατου χώρου που δίνεται είναι αρκετά καλή σε αυτό το εικονικό μουσείο. (<http://www.hmsbelfasttours.org.uk>)

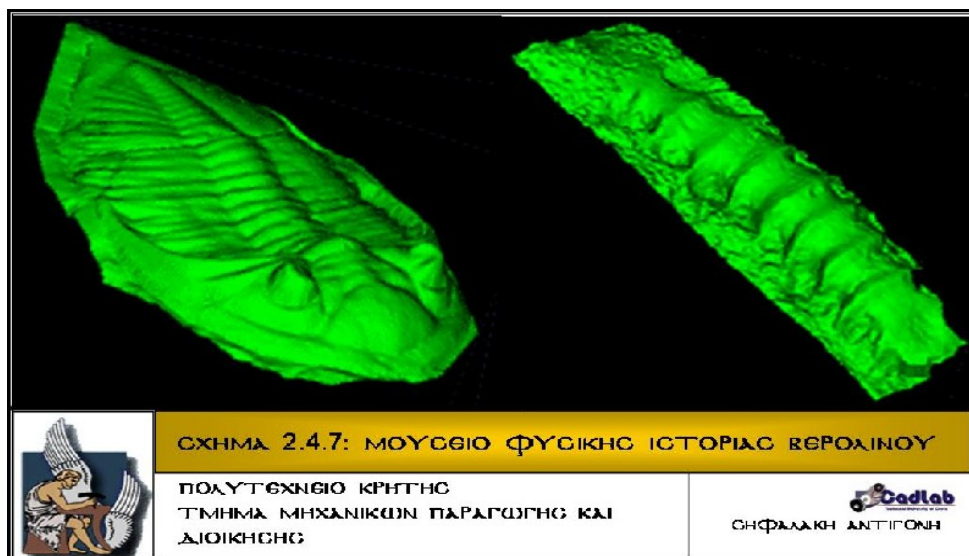


#### 2.4.6 Κορεατικό ίδρυμα τεχνών και πολιτισμού, Κορέα

Στην ιστοσελίδα αυτού του ιδρύματος υπάρχει η δυνατότητα παρακολούθησης μίας αναπαράστασης ενός κινεζικού τάφου του 550 μ.Χ. δημιουργημένου με VRML. Ο επισκέπτης μπορεί να περπατήσει εικονικά μέσα στον τάφο καθώς και να περιεργαστεί τις τοιχογραφίες που βρίσκονται σε αυτόν. Παράλληλα, στην υπόλοιπη ιστοσελίδα μαθαίνει για την ιστορία του τάφου και των τοιχογραφιών που βρέθηκαν σε αυτόν. Παρατηρείται ότι η VRML χρησιμοποιείται όχι μόνο για την αναπαράσταση ολόκληρων πόλεων αλλά και για εργασίες σαν και την παρούσα. (<http://www.kcaf.or.kr/ehome3/english/vrml/index.html>)



## 2.4.7 Μουσείο φυσικής ιστορίας Βερολίνου, Γερμανία



Στο εικονικό μέρος του μουσείου αυτού παρατηρούνται τρισδιάστατες αναπαραστάσεις ζώων και απολιθωμάτων που έχουν εξαφανιστεί εδώ και χιλιετίες. Η γλώσσα που χρησιμοποιείται είναι και εδώ η VRML. Η διαφορά είναι ότι ο επισκέπτης παρατηρεί τα αντικείμενα όχι μέσα σε κάποιο τρισδιάστατα κατασκευασμένο χώρο αλλά μέσα στο “κενό” ώστε να έχει μια πιο άμεση εποπτεία αυτών. Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε με τη συνεργασία του Πανεπιστημίου Humboldt του Βερολίνου. (<http://www.museum.hu-berlin.de>)

## 2.4.8 Μη συμβατικά μουσεία-εικονικές εκθέσεις

Εκτός από τα γνωστά συμβατικά μουσεία, εικονικές συλλογές παρουσιάζονται και αυτόνομα στο Internet, με τη μορφή εικονικών εκθέσεων. Τέτοια παραδείγματα είναι :

Α) η ιστοσελίδα “Trenches on the web” ([www.worldwar1.com/vrml.htm](http://www.worldwar1.com/vrml.htm)) όπου παρουσιάζονται με τη βοήθεια VRML αναπαραστάσεις πολεμικών μηχανών και πλοίων του Πρώτου και του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου,

Β) η ιστοσελίδα του Μητροπολιτικού Πανεπιστημίου του Manchester (MMU) ([www.doc.mmu.ac.uk/RESEARCH/virtual-museum](http://www.doc.mmu.ac.uk/RESEARCH/virtual-museum)), όπου παρουσιάζεται μία αναπαράσταση ενός αιγυπτιακού τάφου και μία μίας αρχαίας αιγυπτιακής πόλης, πάλι σε μορφή VRML

Γ) ιστοσελίδες εταιρειών όπως η ιαπωνική Toucan ([www.toucan.co.jp/indexE.html](http://www.toucan.co.jp/indexE.html)) με τη συλλογή της από αντικείμενα σε VRML και η IBM η οποία παρουσιάζει το εικονικό μουσείο της σε ψευδο-

τρισδιάστατο περιβάλλον κάνοντας χρήση του προγράμματός της IBM Hotmedia.

Όνομα μουσείου ή Ιδρύματος	Ιστοσελίδα	Χώρα	Τεχνική απεικόνισης
Ιστιντούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών	<a href="http://www.ieee-virtual-museum.org">www.ieee-virtual-museum.org</a>	ΗΠΑ	quicktime, flash
Μουσείο Βατικανού	<a href="http://mv.vatican.va">http://mv.vatican.va</a>	batikano	Java
Μουσείο του Λούβρου	<a href="http://www.louvre.fr/llv/commun/home">http://www.louvre.fr/llv/commun/home</a>	Γαλλία	quicktime
Μουσείο Da Vinci	<a href="http://www.museoscienza.org/english/index.html">http://www.museoscienza.org/english/index.html</a>	Ιταλία	VRML
Μουσείο Τεχνών και Αστρονομίας	<a href="http://www.uni-kassel.de/hrz/anwendungen/matthias/hrz-info/vrml/museum.html">http://www.uni-kassel.de/hrz/anwendungen/matthias/hrz-info/vrml/museum.html</a>	Γερμανία	VRML
Κορεάτικο Ίδρυμα Τεχνών και Πολιτισμού	<a href="http://www.kcaf.or.kr/ehome3/english/vrml/index.html">http://www.kcaf.or.kr/ehome3/english/vrml/index.html</a>	Κορέα	VRML
Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Βερολίνου	<a href="http://www.museum.hu-berlin.de/vrml">http://www.museum.hu-berlin.de/vrml</a>	Γερμανία	VRML
Μουσείο Α' Παγκοσμίου πολέμου	<a href="http://www.worldwar1.com/vrml.htm">http://www.worldwar1.com/vrml.htm</a>	Γερμανία	VRML
Μουσείο Φυσικής Ιστορίας	<a href="http://www.nhm.ac.uk/interactive/vrml">http://www.nhm.ac.uk/interactive/vrml</a>	Αγγλία	VRML
Μουσείο θωρηκτού H.M.S. Belfast	<a href="http://www.hmsbelfasttours.org.uk">http://www.hmsbelfasttours.org.uk</a>	Αγγλία	java, flash
Μητροπολιτικό μουσείο Τέχνης	<a href="http://www.metmuseum.org">http://www.metmuseum.org</a>	ΗΠΑ	IBM Hotmedia
Μητροπολιτικό Πανεπιστήμιο του Μάντσεστερ	<a href="http://www.doc.mmu.ac.uk/RESEARCH/virtual-museum">http://www.doc.mmu.ac.uk/RESEARCH/virtual-museum</a>	Αγγλία	VRML
Μουσείο Σύγχρονης τέχνης Ιαπωνίας	<a href="http://www.haramuseum.or.jp">http://www.haramuseum.or.jp</a>	Ιαπωνία	flash

Πίνακας 2.1: Συνοπτική παρουσίαση ιστοσελίδων εικονικών μουσείων

Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται ενδεικτικά οι ιστοσελίδες διάφορων εικονικών μουσείων που βρίσκονται στο διαδίκτυο.

## Κεφάλαιο 3:

# Τρισδιάστατη ψηφιοποίηση εκθεμάτων

Στη σημερινή εποχή η πληροφόρηση έχει αποκτήσει πολύ σημαντικό ρόλο στην καθημερινή ζωή. Καθώς περνάει ο καιρός απαιτείται από τους ερευνητές να παρέχουν πλήρη και ολοκληρωμένη πληροφορία σχετικά με τα υπό μελέτη αντικείμενα, άσχετα με το μέγεθος ή την πολυπλοκότητά τους. Ανεξάρτητα με το αν πρόκειται για μικρής ή μεγάλης κλίμακας μελέτες, απλά ή πολύπλοκα αντικείμενα, πάντα είναι απαραίτητες ποσοτικές και ποιοτικές πληροφορίες για το αντικείμενο. Για να ικανοποιηθούν αυτές τις απαιτήσεις ανέκυψε τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον προς την τεχνολογία της τρισδιάστατης ψηφιοποίησης με μεθόδους όπως η σάρωση με laser για ερευνητικές εφαρμογές. Οι σαρωτές με laser επιτρέπουν τη λήψη πολύ γρήγορα ενός πλήθους τρισδιάστατων δεδομένων που σε συνδυασμό με έγχρωμες και υψηλής ποιότητας ψηφιακές αποτυπώσεις μπορούν να αναπαραστήσουν ένα εικονικό περιβάλλον.

Βασικό πλεονέκτημα των συγκεκριμένων μεθόδων είναι το γεγονός ότι επιτρέπουν την αποτύπωση πραγματικών αντικειμένων με μεγαλύτερη ακρίβεια και λεπτομέρεια από ότι μία φωτογραφία. Τέτοιου είδους μοντέλα χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές διατήρησης πολιτιστικής κληρονομιάς, στη βιομηχανία, στη διαχείριση γης και στην ιατρική. Στον τομέα της πολιτιστικής κληρονομιάς, τα τρισδιάστατα μοντέλα αποτελούν ένα ενδιαφέρον εργαλείο για αρχειοθέτηση και αναπαράσταση των αντικειμένων με την πραγματική τους μορφή, καθώς και για διαδραστικές εφαρμογές απεικόνισης π.χ. τη δημιουργία εικονικών περιβαλλόντων (8).

### 3.1 Ορισμός τρισδιάστατης σάρωσης

Γενικά, ως τρισδιάστατος σαρωτής θα μπορούσε να οριστεί οποιαδήποτε συσκευή δύνатаι να συλλέξει τρισδιάστατες συντεταγμένες από μία δεδομένη περιοχή πάνω στην επιφάνεια ενός αντικειμένου και η οποία πληροί τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Ακολουθεί μία αυτοματοποιημένη διαδικασία η οποία στηρίζεται σε κάποιο πρότυπο.

- Πραγματοποιεί δειγματοληψία υψηλού ρυθμού (εκατοντάδες ή χιλιάδες σημεία ανά δευτερόλεπτο).
- Επιταχύνει τη διαδικασία ώστε να πραγματοποιείται σε πραγματικό (σχεδόν) χρόνο.
- Δύναται ή και όχι να διακρίνει χρωματική πληροφορία της εκάστοτε επιφάνειας σε συνδυασμό με την τρισδιάστατη γεωμετρία της.

Ο τρόπος χρήσης μία ς τέτοιας συσκευής είναι :

- Είτε σταθερός σε κάποια συγκεκριμένη θέση
- Είτε πάνω σε κάποιον κλασικό, φωτογραφικού τύπου τρίποδα
- Είτε σε παρόμοιες μεταφερόμενες βάσεις
- Είτε εν πτήση, όταν πρόκειται για τοπογραφικές εφαρμογές

Η σάρωση ενός αντικειμένου είναι πολλές φορές το εύκολο τμήμα μιας εργασίας ψηφιοποίησης. Η δημιουργία πιστών τρισδιάστατων αναπαραστάσεων που αποτελούνται από ακανόνιστες επιφάνειες, απαιτούν συνήθως πολύ χρόνο και εργασία. Η τρισδιάστατη σάρωση είναι ένα σημαντικό νέο εργαλείο για την τεκμηρίωση αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς. Ως λύση βέβαια δεν αποτελεί πανάκεια. Οι τρισδιάστατοι σαρωτές ταιριάζουν απόλυτα σε εφαρμογές μετρήσεων ανώμαλων επιφανειών και πιθανότατα να είναι και η καλύτερη διαθέσιμη λύση την παρούσα στιγμή. Ωστόσο η αμιγής και μόνο συλλογή δεδομένων δεν είναι αρκετή. Μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί στη μετέπειτα επεξεργασία τους. Ο χρόνος που απαιτείται για τη δημιουργία ενός υψηλής πιστότητας τρισδιάστατου μοντέλου είναι πολύ συχνά πολύ μεγαλύτερος από το χρόνο σάρωσης (2).

### **3.2 Τεχνολογία, Πολιτισμός και Αρχαιολογία**

Η Αρχαιολογία βρίσκεται μονίμως αντιμέτωπη με το πρόβλημα της καταγραφής και μελέτης αντικειμένων ανυπολόγιστης αξίας. Από την στιγμή της ανασκαφής τα κειμήλια εκτίθενται σε μια προοδευτική και συχνά ανίατη διαδικασία παραμόρφωσης που μπορεί να καταλήξει και σε ολική καταστροφή. Τα δεδομένα που καταγράφονται για μία αρχαιολογική έρευνα έχουν διττό σκοπό: τη δημιουργία ενός μέσου που θα επιτρέπει την υψηλής πιστότητας δημοσίευση του αντικειμένου αλλά και την εικονική διατήρηση του ακόμα και στο απλούστερο επίπεδο της διάσωσης της ίδιας της αρχαιολογικής πληροφορίας που εμπεριέχει.

Η προστασία και διατήρηση αρχαιολογικών – πολιτιστικών αντικειμένων δεν είναι ένα απλό θεωρητικό πρόβλημα. Η αρχαιολογία είναι, εξ ορισμού, καταστροφική

κατά την διάρκεια της αποκάλυψης του παρελθόντος. Η απαραίτητη καταστροφή του ανασκαφικού συνόλου αποβλέπει στην αποκάλυψη του εκάστοτε αντικειμένου. Μετά την ανασκαφή, το αντικείμενο εκτίθεται σε ένα πλήθος νέων περιβαλλοντικών επιθέσεων (φυσικοχημική και τουριστική μόλυνση). Σε πολλές περιπτώσεις είναι αναπόφευκτη η φθορά του και πραγματοποιείται σε πολύ σύντομο σε σχέση με την ηλικία του χρονικό διάστημα. Για την αντιμετώπιση αυτής της προοδευτικής και ανιάτης φθοράς, οι αρχαιολόγοι χρησιμοποιούν διάφορες τεχνικές καταγραφής και αρχειοθέτησης. Σε αντίθεση με μια γενικότερη άποψη που επικρατεί, η φωτογραφία δεν πληροί τις ανάγκες καταγραφής της Αρχαιολογίας και της Ιστορίας Τέχνης. Προβάλλει πάντα το αντικείμενο από μία οπτική γωνία, μειώνοντας τον όγκο του αντικειμένου σε δύο διαστάσεις, εισάγοντας συχνά οπτικές παραμορφώσεις. Από την άλλη, οι ερμηνευτικές παραστάσεις, οι οποίες βοηθούν στην μελέτη του αντικειμένου, είναι πολλές φορές αδύνατο να πραγματοποιηθούν πάνω στη φωτογραφία. Τα αποτελέσματα της παραδοσιακής φωτογράφησης ξεθωιάζουν με τον καιρό. Για όλους τους προηγούμενους λόγους οι αρχαιολόγοι και οι ιστορικοί τέχνης βασίζονται συνήθως και σε άλλες μεθόδους αρχειοθέτησης όπως είναι η σχεδίαση και η ζωγραφική. Τις περισσότερες φορές τα σχέδια αυτά γίνονται με αργούς ρυθμούς, ώστε να έχουν μεγάλη ακρίβεια, παρουσιάζοντας το μειονέκτημα να προσαρμόζονται δύσκολα σε τεχνικές διαχείρισης και οργάνωσης.

Η αρχειοθέτηση στην Αρχαιολογία και στην Ιστορία Τέχνης έχει να αντιμετωπίσει δύο ουσιώδη προβλήματα τα οποία σχετίζονται απόλυτα μεταξύ τους. Αυτά είναι:

- Η αντικειμενικότητα περιγραφής του αντικειμένου (πιστότητα)
- Η ταχύτητα και η προσαρμοστικότητα της πραγματοποίησης της καταγραφής

Η τεκμηρίωση της πολιτισμικής κληρονομιάς επιβάλλει την καταγραφή των αντικειμένων από κοντινές αποστάσεις. Τα πολιτιστικά αντικείμενα ποικίλουν σε διαστάσεις. Τα ακανόνιστα σχήματα και η μορφολογική πολυπλοκότητα των επιφανειών τους είναι ένα συνηθισμένο φαινόμενο. Ο διαθέσιμος χρόνος για μετρήσεις είναι τις περισσότερες φορές ελάχιστος και στο παρελθόν η φωτογραμμετρία ήταν η μόνη μέθοδος που μπορούσε να εφαρμοστεί σε τόσο στενά χρονικά περιθώρια. Η αρχειοθέτηση με σκοπό την μόνιμη διατήρηση της πολιτιστικής μας κληρονομιάς αντιμετωπίζει μεγάλες προκλήσεις καθώς βαδίζουμε τη νέα χιλιετία. Νέες τεχνολογίες έρχονται να δώσουν απαντήσεις στο πρόβλημα της καταγραφής και προβολής του πολιτιστικού μας θησαυρού. Η οπτική αναπαράσταση και η μετάδοση

της ψηφιακής πληροφορίας είναι από τα πλέον σημαντικά ερευνητικά πεδία που επιτρέπουν σε όλους τους φορείς που ασχολούνται με τον πολιτισμό να προβάλουν τα αποτελέσματα της δουλειά τους με πολλαπλούς νέους και δυναμικούς τρόπους. Άλλωστε, πολλά αρχαιολογικά μνημεία είναι κλειστά προς το ευρύ κοινό για την αποφυγή πιθανών ζημιών. Η χρήση τρισδιάστατων φωτορεαλιστικών μοντέλων και η παρουσίαση τους μέσω εικονικής πραγματικότητας στο διαδίκτυο ή σε οπτικούς δίσκους μπορεί να βοηθήσει σημαντικά τόσο στην εκπαίδευση όσο και στη διάδοση της γνώσης σε πολύ ευρύτερο κοινό. *Οι τρισδιάστατοι σαρωτές λέιζερ μπορούν, λοιπόν, να εφαρμοστούν με επιτυχία στην αρχαιολογία ως ένα σημαντικό εργαλείο για τρισδιάστατες αναπαραστάσεις και ψηφιακές αποδόσεις.* Η τρισδιάστατη ψηφιοποίηση αποτελεί στις μέρες μας ένα αναπόσπαστο πλέον κομμάτι της προσπάθειας αρχειοθέτησης της πολιτιστικής και πολιτισμικής μας κληρονομιάς. Προσφέρει δυνατότητες καταγραφής αρχιτεκτονικών δημιουργιών, αρχαιολογικών ευρημάτων, ιστορικών μνημείων και μνημείων τέχνης. Η επικράτηση των τρισδιάστατων σαρωτών τα τελευταία χρόνια έχει επιφέρει την αύξηση του ενδιαφέροντος στην χρήση τρισδιάστατων μοντέλων σε πλήθος αρχαιολογικών μελετών. Την ίδια στιγμή η αύξηση στις ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων αλλά και επεξεργασίας τρισδιάστατων γραφικών επιτρέπουν στο μέσο χρήστη να έχει πρόσβαση σε υψηλού επιπέδου υλικοτεχνική υποδομή και να διαθέτει την απαραίτητη υπολογιστική ισχύ για την προβολή τόσο μεγάλου όγκου τρισδιάστατης πληροφορίας.

Τα κίνητρα για την τρισδιάστατη ανακατασκευή πολιτιστικών αντικειμένων και μνημείων είναι πολλά:

- Η καταγραφή ιστορικών κτηρίων, τοποθεσιών και αντικειμένων για ανακατασκευή ή αναπαλαίωση σε περιπτώσεις που έχουν υποστεί καταστροφές από φωτιές, σεισμούς, πλημμύρες, πολέμους ή, όπως, είναι φυσικό από διάβρωση.
- Η δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού για ερευνητές και μαθητές της ιστορίας και του πολιτισμού.
- Η εικονική ανακατασκευή ιστορικών μνημείων και αντικειμένων που πλέον δεν υπάρχουν ή υπάρχουν μερικώς.
- Η εικονική τρισδιάστατη εξομίωση μνημείων και αντικειμένων με επιλογές επανόρθωσης και ανάπλασης τμημάτων του τρισδιάστατου μοντέλου.
- Η εικονική τρισδιάστατη απόδοση αρχαιολογικών ανασκαφών.
- Η ανάλυση κατασκευαστικών και επανορθωτικών τεχνικών.

- Η αναπαράσταση χώρων από οπτικές γωνίες που είναι αδύνατον να πραγματοποιηθούν στον πραγματικό κόσμο εξαιτίας των μεγεθών ή της θέσης.
- Η αλληλεπίδραση με τα πολιτιστικά αντικείμενα (σε εικονικό περιβάλλον) χωρίς τον φόβο για κάποια ζημιά.
- Οι εφαρμογές προβολής του πολιτιστικού μας πλούτου π.χ. εικονικός τουρισμός και εικονικά μουσεία.
- Η κατασκευή ρεαλιστικών τρισδιάστατων μοντέλων που μπορούν να βοηθήσουν ουσιαστικά στη μελέτη αντικειμένων από απόσταση, καθώς και στη διεύρυνση του πλήθους ατόμων που μπορούν να μελετήσουν ταυτόχρονα κάθε αντικείμενο.
- Η συγκέντρωση και παρουσίαση όλων των πληροφοριών που απαιτούνται για την τεκμηρίωση μέσω μίας τρισδιάστατης βάσης δεδομένων.

Στην πραγματικότητα κάθε ένα από τα παραπάνω κίνητρα καθορίζει και ένα πλήθος απαιτήσεων. Μερικές από αυτές είναι οι εξής:

- Η γεωμετρική ακρίβεια
- Η δυνατότητα αποτύπωσης τυχόν λεπτομερειών
- Ο φωτορεαλισμός
- Το χαμηλό κόστος
- Η φορητότητα
- Η προσαρμοστικότητα
- Τα μεγέθη πληροφορίας που φέρουν τα τρισδιάστατα μοντέλα
- Ο χρόνος ψηφιοποίησης και μοντελοποίησης
- Η εξειδίκευση προσωπικού και η τεχνική υποστήριξη

Η σειρά προτεραιότητας των απαιτήσεων αυτών μεταβάλλεται ανάλογα με τις ανάγκες της εκάστοτε εφαρμογής. Διαφορετική σημασία θα είχε ο φωτορεαλισμός σε μια εφαρμογή ψηφιοποίησης πηλινών αντικειμένων και διαφορετική στην δημιουργία ενός εικονικού μουσείου. Μέχρι τη στιγμή της συγγραφής της παρούσας μελέτης, δεν έχει, ακόμα, αναπτυχθεί κάποιο εμπορικό σύστημα σάρωσης που να καλύπτει τις απαιτήσεις όλων των περιπτώσεων. Για μικρά και μεσαίου μεγέθους αντικείμενα, οι σαρωτές ακτινών λέιζερ κοντινών αποστάσεων μπορούν να προσφέρουν λεπτομερή τρισδιάστατα μοντέλα. Από την άλλη όμως, καθώς είναι σχετικά νέα τεχνολογία, και καθώς ο αντίστοιχος εξοπλισμός δεν παράγεται σε μεγάλες ποσότητες, το κόστος των σαρωτών παραμένει υψηλό.

Μια διαφορετική τοποθέτηση στο πρόβλημα της τεκμηρίωσης έχει δοθεί από το Marco Gaiani (7) . Ο Gaiani αναφέρει πως στην πραγματικότητα δεν είναι τίποτα διαφορετικό από ένα ακόμα πρόβλημα «μετάφρασης». Μια δύσκολη μετάφραση της αρχιτεκτονικής πραγματικού κόσμου σε εικονικό-ψηφιακό. Η λέξη «μετάφραση» στη συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιείται για να δηλώσει τη μεταφορά κάποιου αντικειμένου από ένα χώρο σε κάποιον άλλο, χωρίς να δεχθεί την παραμικρή μεταβολή. Κάτι τέτοιο βέβαια δεν είναι απόλυτο, ακόμα και σε γλωσσικό επίπεδο, αφού ίδιες λέξεις διαφέρουν σημασιολογικά από γλώσσα σε γλώσσα. Η άποψη αυτή δεν απέχει πολύ από την πραγματικότητα, αφού η τρισδιάστατη αποτύπωση αντιμετωπίζει πολλά προβλήματα στον χώρο της πολιτιστικής κληρονομιάς.

*Η ψηφιοποίηση μπορεί και πρέπει να αποτελέσει τη μέθοδο εκπλήρωσης του χρέους μας απέναντι στην πολιτιστική παρακαταθήκη των προγόνων μας (2).*

### **3.3 Ορισμός της ψηφιοποίησης κινητών και ακίνητων μνημείων**

Τα τρισδιάστατα μοντέλα των αντικειμένων μεγάλης πολιτιστικής αξίας μπορεί να διακριθούν ανάλογα με το μέγεθος τους και τη δυνατότητα της ψηφιοποίησης τους. Έτσι διακρίνονται δυο κατηγορίες τα **κινητά** και τα **ακίνητα** αντικείμενα.

Τα **κινητά** μπορεί να είναι οποιαδήποτε μικρού μεγέθους και διαστάσεων εύκολα στη μεταφορά αντικείμενα, των οποίων η ψηφιοποίηση μπορεί να γίνει σε ειδικά εργαστήρια με χρήση ειδικών μετρητικών διατάξεων όπως είναι οι ανιχνευτές laser. Η χρήση των τεχνικών ψηφιοποίησης μπορεί να οδηγήσει στον υπολογισμό της θέσης στο χώρο (σε ένα ανεξάρτητο και αυθαίρετο τρισσορθόγωνιο σύστημα συντεταγμένων) των σημείων που συνθέτουν την εξωτερική επιφάνεια του αντικειμένου. Κατά καιρούς έχουν προταθεί πολλές συσκευές ψηφιοποίησης για την δημιουργία των τρισδιάστατων μοντέλων σε αναλογία 1:1 με το αντικείμενο. Η επιλογή των σημείων που θα μετρηθούν πολλές φορές δεν είναι δυνατόν να καθοριστεί από το χειριστή της συσκευής ψηφιοποίησης. Έτσι, για την τρισδιάστατη αναπαράσταση τους υπολογίζεται αυθαίρετα ένα μεγάλο μέρος σημείων (*νέφος σημείων*) που συνθέτουν την εξωτερική επιφάνεια τους. Με τον τρόπο αυτό γίνεται μια προσπάθεια για την καταγραφή όσο γίνεται μεγαλύτερης πληροφορίας για την αποφυγή των σφαλμάτων που προέρχονται από την αυτοματοποιημένη διαδικασία που χρησιμοποιείται. Ο μεγάλος αριθμός των σημείων στο χώρο που προέρχεται από τη χρήση της συσκευής δεν είναι σε θέση να αποδώσει πλήρες και άμεσα το μοντέλο του αντικειμένου. Χρειάζεται να εφαρμοστεί μια τεχνική φιλτραρίσματος για



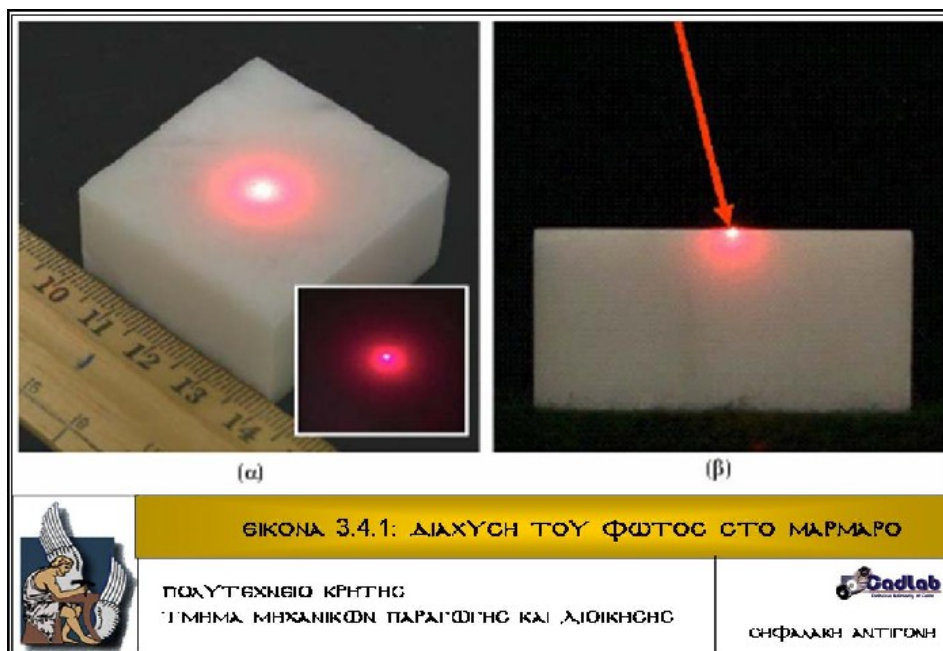
την εξάλειψη των πλεοναζόντων σημείων και ανακατασκευής της επιφάνειας του με χρήση τεχνικών τριγωνισμού για τη δημιουργία των πολυγώνων που συνθέτουν την συνολική εξωτερική τους επιφάνεια. Γενικά η δημιουργία της εξωτερικής επιφάνειας των αντικειμένων πρέπει να οδηγήσει σε ένα στερεό αντικείμενο και να ακολουθήσει η εφαρμογή της εικόνας του αντικειμένου που θα δώσει την υφή και την τελική του μορφή. Το παραπάνω πρόβλημα όπως και άλλα που πιθανόν παρουσιάζονται στην τρισδιάστατη καταγραφή και μοντελοποίηση των αντικειμένων, έχουν λυθεί από πολλές εφαρμογές και αυτή τη στιγμή υπάρχει ένα σημαντικός αριθμός συσκευών ψηφιοποίησης μικροαντικειμένων με ποικίλα χαρακτηριστικά (κόστος, τεχνική μετρήσεων, τελική ακρίβεια αναπαράστασης του μοντέλου κα).

Τα **ακίνητα** αντικείμενα είναι κτίρια και γενικά ανθρώπινες κατασκευές που εμφανίζουν ιδιαίτερη αξία από αρχαιολογική και αρχιτεκτονική πλευρά. Μπορεί να πρόκειται για υφιστάμενα κτίσματα αλλά και για μεγάλους ή μικρούς αρχαιολογικούς χώρους που προέρχονται από ανασκαφές. Η χρήση μιας τεχνικής ψηφιοποίησης οδηγεί στο εικονικό μοντέλο των αντικειμένων αυτών αλλά τα σημαντικά προϊόντα που αποτελούν τα εργαλεία της μελέτης των αντικειμένων αυτών είναι σχέδια υπό κλίμακα που παρουσιάζουν χαρακτηριστικές όψεις, κατόψεις ή τομές τους. Για τον αρχιτέκτονα μηχανικό αλλά και για τον έμπειρο αρχαιολόγο ένα διάγραμμα υπό κλίμακα μιας όψης ενός κτιρίου ή ενός αρχαιολογικού σκάμματος είναι το υπόβαθρο της μελέτης που θα οδηγήσει είτε σε μία μελέτη συντήρησης και ανάδειξης του κτιρίου ή σε εξαγωγή σημαντικών αρχαιολογικών συμπερασμάτων από μία ανασκαφή. Η δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου με εξωτερική υφή την εικόνα των όψεων του ακίνητου μνημείου-αντικειμένου αποτελεί ένα επιπλέον προϊόν επισκόπησης του αντικειμένου και η παρουσίασή του στην οθόνη του Η/Υ του γίνεται με χρήση ειδικών τεχνικών τρισδιάστατης παρουσίασης (πχ. Open GL, VRML αρχείων). Συνήθως όμως, μόνο ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά εμφανίζονται στην τρισδιάστατη παρουσίαση των αντικειμένων αυτών, ώστε η χρήση τους να βοηθά στην οπτικοποίηση του ίδιου του αντικειμένου και τη σύνδεση του με τον περιβάλλοντα χώρο. (3)

#### **3.4 Χαρακτηριστικά των αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς**

Η ποικιλία των πρώτων υλών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του πολιτιστικού μας πλούτου, καθώς και η μορφολογική πολυπλοκότητα που συναντιέται σε πληθώρα αντικειμένων, αποτελούν τμήμα ενός ευρύτερου συνόλου χαρακτηριστικών που δημιουργούν προβλήματα στις διάφορες μεθόδους

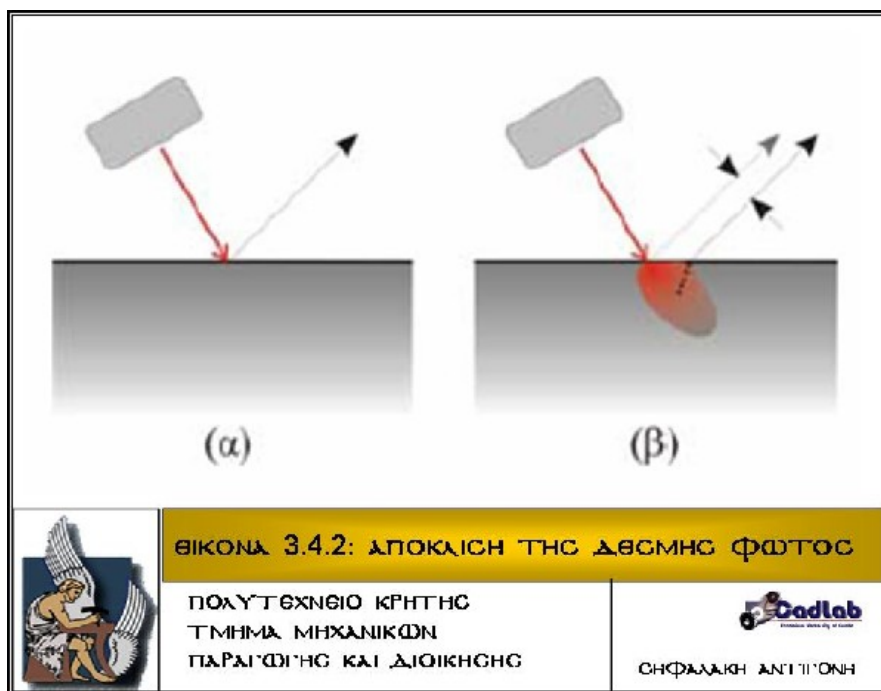
αποτύπωσης. Η διαδικασία της σάρωσης πολιτιστικών αντικειμένων πρέπει να γίνεται με τον μέγιστο δυνατό βαθμό ακρίβειας. Στην πραγματικότητα, όμως, η ακρίβεια της αποτύπωσης επηρεάζεται από το αντικείμενο αυτό καθαυτό. Μερικά από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά που συμβάλουν στην ελάττωση της ακρίβειας είναι η πολυμορφία του αντικειμένου, οι αντανakλάσεις των επιφανειών του, ο ιριδισμός και η διάχυση του φωτός. Το φαινόμενο της διάχυσης απαντάται κυρίως σε μαρμάρινες επιφάνειες.



Προϋπόθεση στην τρισδιάστατη ψηφιοποίηση με ακτίνες λέιζερ είναι το ότι η επιφάνεια του αντικειμένου είναι αδιαφανής και δε διαχέει το ανακλώμενο φως. Το μάρμαρο όμως απέχει πολύ από αυτή την υπόθεση, εμφανίζοντας δύο σημαντικές οπτικές ιδιότητες. Αυτές είναι η *ημιδιαφάνεια* και η *ανομοιογενής επιφανειακή τραχύτητα*. Οι ιδιότητες αυτές αποτελούν πηγές θορύβου και επηρεάζουν την ακρίβεια των μετρήσεων. Η επιφάνεια του μαρμάρου είναι δομημένη από πυκνά συσσωρευμένους κρυστάλλους. Η μεταβλητή πυκνότητα των κρυστάλλων προκαλεί ανομοιογένεια στα υποστρώματα και αλλοιώνει τα οπτικά χαρακτηριστικά του αντικειμένου. Καθώς η ακτίνα φωτός διαπερνά το μάρμαρο η ανομοιομορφία των υποστρωμάτων αναγκάζει το διασκορπισμό της δέσμης. Ο διασκορπισμός αυτός εντοπίζεται, δυστυχώς, και στο ορατό μήκος κύματος. Οι Godin et al. προσέγγισαν σε μια εργασία τους το μέγεθος του σφάλματος που προκαλεί ο διασκορπισμός της δέσμης. Σε ένα πείραμα τους προβάλλουν μια ακτίνα λέιζερ μήκους κύματος 633nm πάνω σε ένα κομμάτι λευκού μαρμάρου τύπου *Carrara Statuario*. Στα υποστρώματα του μαρμάρου αλλά και στην επιφάνειά του εμφανίζονται κάποιοι φωτεινοί

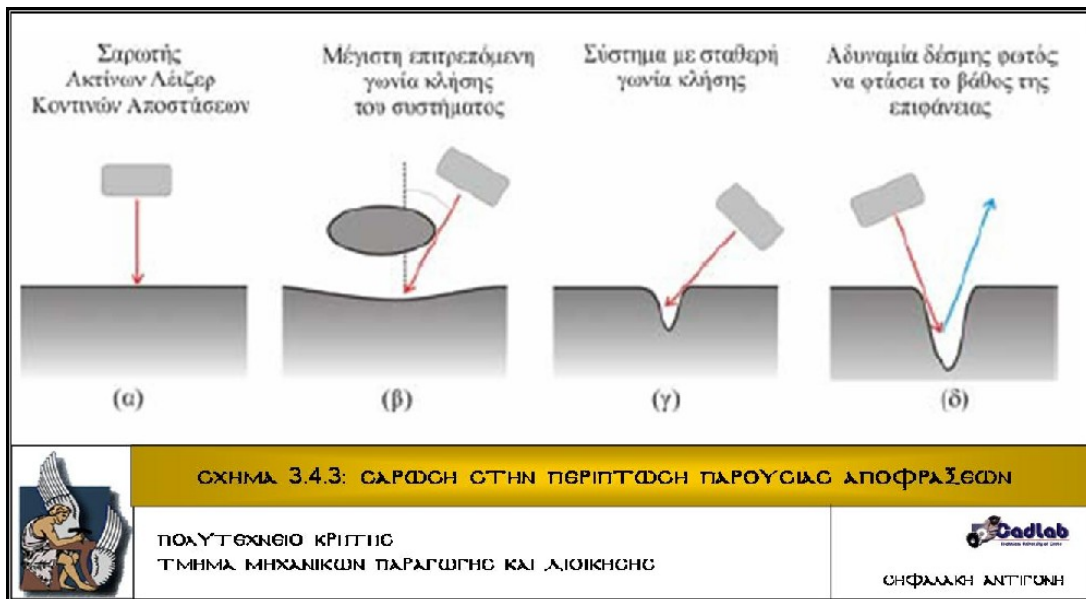
ομόκεντροι δίσκοι γύρω από το σημείο με την μεγαλύτερη συγκέντρωση φωτός (Εικόνα 3.4.1.α). Στην Εικόνα 3.4.1.β η δέσμη φωτός συγκεντρώνεται σε απόσταση ενός χιλιοστού από την άκρη του μαρμάρου. Η φωτογράφιση έγινε από τέτοια οπτική γωνία, ώστε να είναι εμφανές το βάθος διείσδυσης του φωτός στα υποστρώματα.

Άλλα είδη μαρμάρων επιτρέπουν την διάχυση του περιβάλλοντος φωτισμού στο εσωτερικό τους και εμφανίζουν ιδιαίτερα χρωματικά χαρακτηριστικά. Με την σημερινή τεχνολογία αυτά τα χαρακτηριστικά είναι αδύνατο να ψηφιοποιηθούν. Ακόμα και η απλή εξομοίωση τους απαιτεί μεγάλη υπολογιστική ισχύ. Κλασικό παράδειγμα ενός τέτοιου λίθου είναι ο ακτινόλιθος γνωστός και ως νεφρίτης. Ένα γλυπτό από ακτινόλιθο παρουσιάζει σημαντικό διασκορπισμό της ακτίνας στα υποστρώματα της επιφάνειάς του. Το ανακλώμενο φως προσπίπτει στην επιφάνεια του αντικείμενου και τη διαπερνάει προς τα έξω με μια υπολογίσιμη απόκλιση, την οποία μπορεί να συλλάβει ο σαρωτής (Εικόνα 3.4.2).

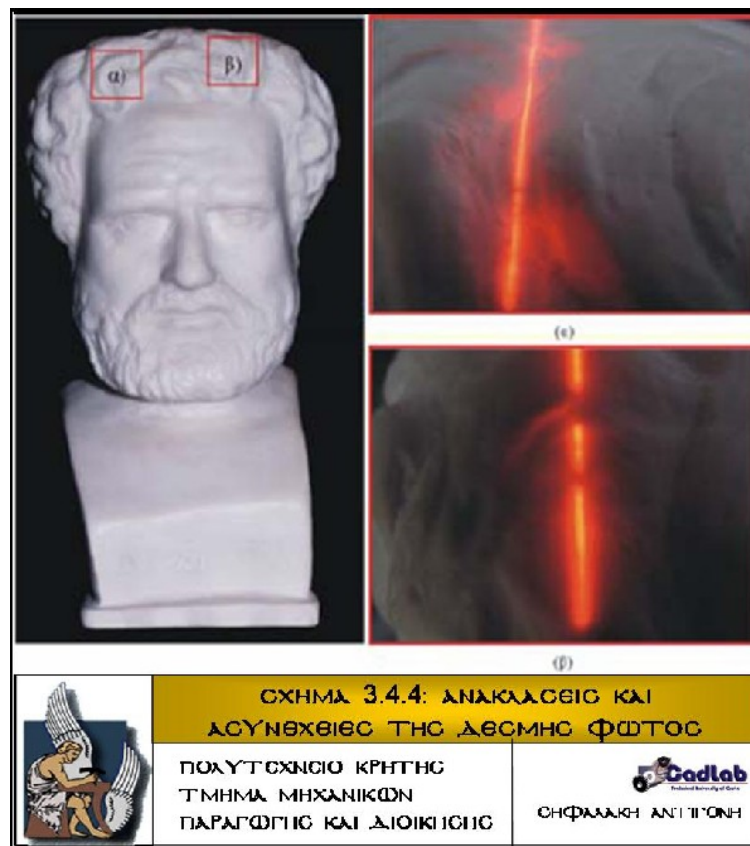


Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως κάτι τέτοιο επηρεάζει τη διαδικασία σάρωσης. Επίσης, η τελική ψηφιακή τρισδιάστατη απόδοση του γλυπτού θα έχει τη μορφή μιας πράσινης πετράς και όχι την πραγματική φωτοβόλα όψη που έχει ο νεφρίτης.

Οι δυσκολίες που παρουσιάζουν τα πολιτισμικά αντικείμενα δεν περιορίζονται μόνο σε αντικείμενα που είναι φτιαγμένα από μάρμαρο. Ένα πολύπλοκα λαξευμένο γλυπτό ελεφαντοστού με σύνθετη εσωτερική γεωμετρία θα αποτελούσε άλλη μια



πρόκληση για την ψηφιοποίηση, εξαιτίας της εμφάνισης έντονων σκιάσεων που προέρχονται από το ίδιο το αντικείμενο. Η σάρωση της γεωμετρίας θα ήταν δύσκολη

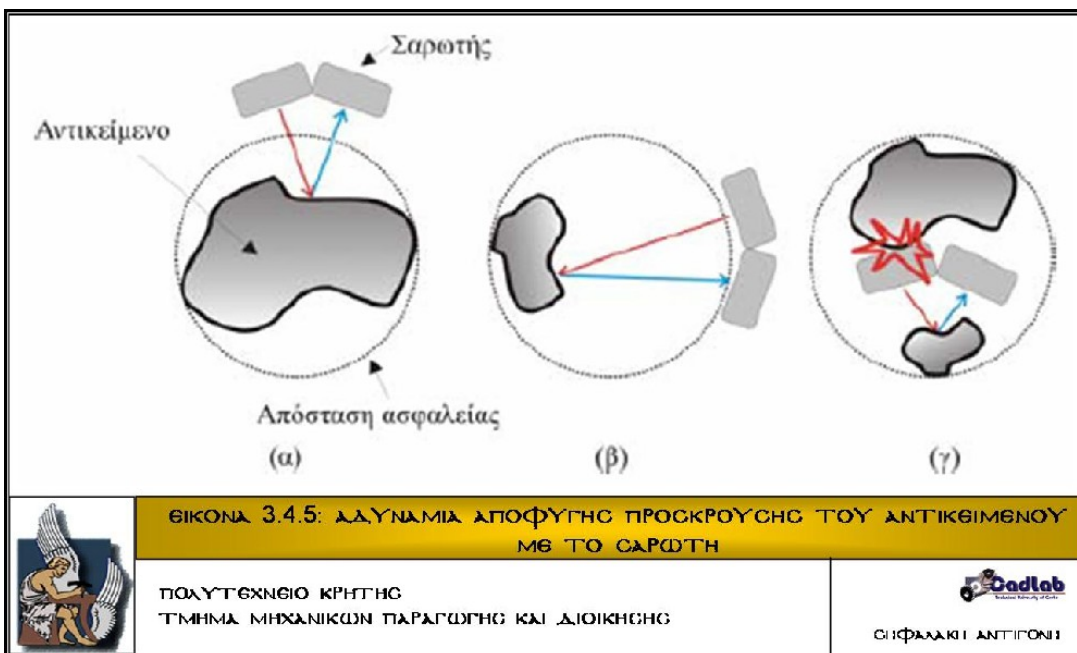


λόγω των περίπλοκων εσωτερικών επιφανειών. Οι στενές σχισμές είναι δύσκολο να μοντελοποιηθούν με μεθόδους τριγωνοποίησης. Η δυσκολία εντοπίζεται στα σημεία

της επιφάνειας που οφείλουν να είναι ταυτόχρονα εμφανή προς την πηγή της δέσμης φωτός αλλά και προς τον φωτογραφικό αισθητήρα.

Στην Εικόνα 3.4.3. απεικονίζονται κάποιες δύσκολες καταστάσεις που επιβεβαιώνουν αυτούς που υποστηρίζουν ότι η τρισδιάστατη ψηφιοποίηση είναι μια πραγματικά δύσκολη διαδικασία. Η επιφάνεια στην Εικόνα 3.4.3.α είναι επίπεδη και επιτρέπει την ομαλή διεξαγωγή της τριγωνοποίησης σε αντίθεση με την Εικόνα 3.4.3.β, όπου ο σαρωτής εκμεταλλεύεται την μέγιστη γωνία κλίσης για να φτάσει στην κάτω επιφάνεια. Όταν η γωνία κλίσης δεν το επιτρέπει (Εικόνα 3.4.3.γ) τότε καθίσταται αδύνατη η σάρωση του συγκεκριμένου σημείου. Η σμίλη που χρησιμοποιεί ο γλύπτης μπορεί και φτάσει σε σημεία που η δέσμη φωτός αδυνατεί (Εικόνα 3.4.3.δ).

Η διάχυση της δέσμης ανάμεσα στις επιφάνειες και στις ανακλαστικές κοιλότητες του αντικειμένου είναι αναπόφευκτο φαινόμενο (Εικόνα 3.4.4). Οι ασυνέχειες που εμφανίζει η δέσμη φωτός απαιτούν την επανάληψη της σάρωσης στην ίδια περιοχή με τοποθέτηση του σαρωτή σε διαφορετική οπτική γωνία.



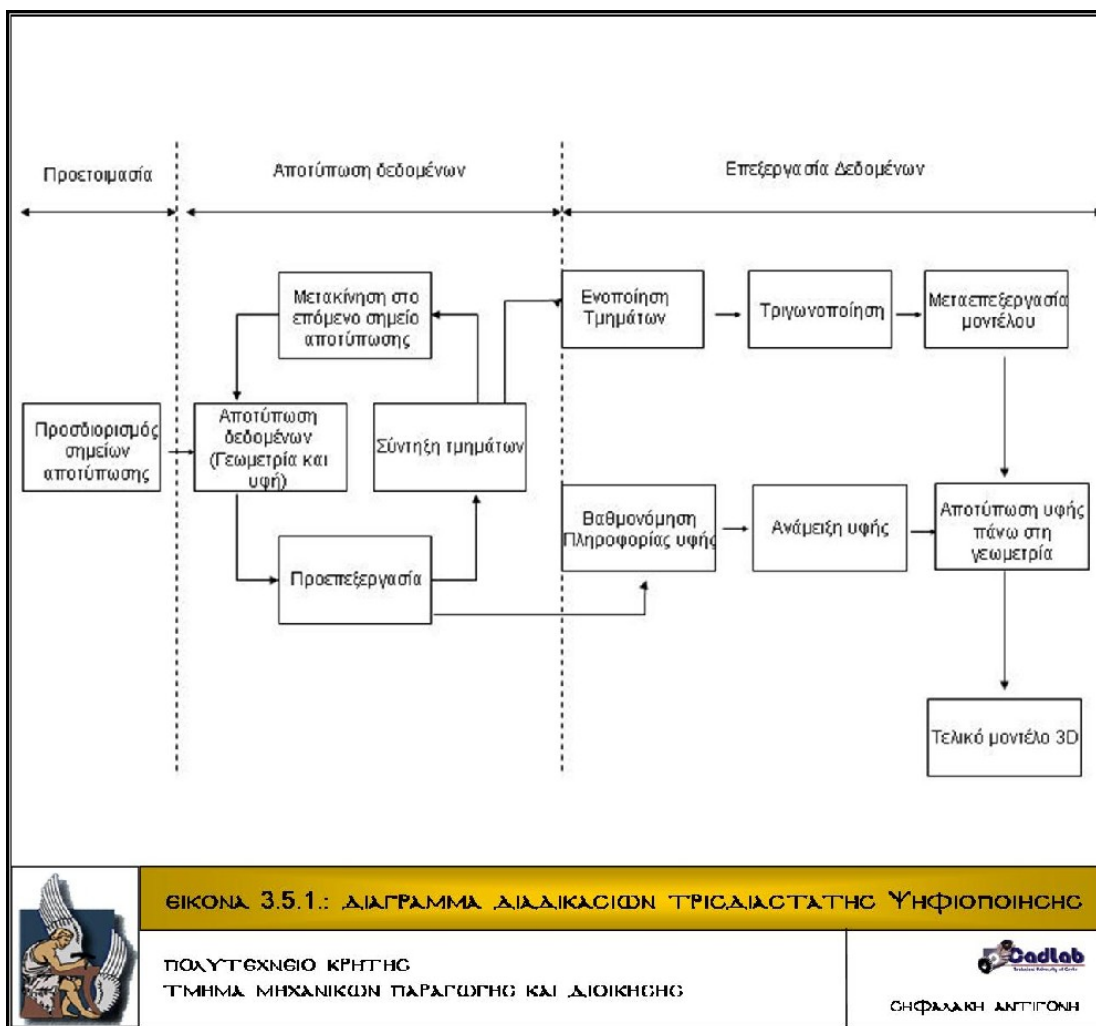
Η ανυπολόγιστη αξία των πολιτιστικών αντικειμένων δεν αφήνει περιθώρια φθοράς. Η επαφή του συστήματος σάρωσης με τα αντικείμενα είναι απαγορευμένη. Η ίδια γεωμετρική πολυπλοκότητα που επηρεάζει την συλλογή δεδομένων ανεβάζει και τον πήχη δυσκολίας στον χειρισμό του σαρωτή. Θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή της θέσης του συστήματος ως προς το αντικείμενο. Στην εικόνα 3.4.5. απεικονίζονται κάποιες περιπτώσεις όπου ο σαρωτής δεν μπορεί να λειτουργήσει με

ασφάλεια. Η εξασφάλιση της ακεραιότητας του αντικειμένου πραγματοποιείται με τον ορισμό μιας περιοχής την οποία δε θα πρέπει να παραβιάζει το σύστημα ψηφιοποίησης. Τα περισσότερα εμπορικά συστήματα έχουν μια συγκεκριμένη απόσταση λειτουργίας που περιορίζουν την απόσταση του σαρωτή από το αντικείμενο. Αρκετές φορές όμως, αυτή η μέθοδος αποδεικνύεται αναποτελεσματική, καθώς πολύπλοκα αντικείμενα δεν μπορούν να ψηφιοποιηθούν πλήρως με το σαρωτή μονίμως έξω από την περιοχή ασφαλείας (εικόνα 3.4.5.γ).

Τα κοσμήματα αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα της πολιτιστικής μας κληρονομιάς και ταυτόχρονα άλλο ένα παράδειγμα όπου οι σαρωτές με ακτίνες λέιζερ αδυνατούν να παρέχουν ικανοποιητικό αποτέλεσμα. Για παράδειγμα, η προσπάθεια ψηφιοποίησης με σύστημα ακτίνων λέιζερ ενός ασημένιου περιδέραιου που καλύπτεται με πολύτιμους λίθους θα αποβεί μάταιη. Η μικρή σε διάχυση ανάκλαση του ασημιού σε συνδυασμό με τις εσωτερικές αντανάκλασεις των πολύτιμων λίθων θα έκαναν αδύνατη την σύλληψη της γεωμετρίας με μεθόδους τριγωνοποίησης. Ακόμα και με παθητικές μεθόδους, όπως η μέθοδος *Σχήμα-Απόδομημένο-Φως*, η ψηφιοποίηση πάλι θα ήταν ανεπιτυχής. Η ρεαλιστική απόδοση των αντανάκλασεων σε πολύτιμους λίθους, όπως τα διαμάντια, απαιτούν ειδικούς αλγορίθμους φωτορεαλισμού. Η ψηφιοποίηση ενός γούνινου κεφαλόδεσμου είναι επίσης αδύνατη. Για άλλη μια φορά, η πολυπλοκότητα της επιφάνειας του αντικειμένου προκαλεί μεγάλη διασπορά στην δέσμη φωτός καθώς αυτή εισχωρεί μέσα στις πτυχώσεις. Η ψηφιοποίηση της επιφάνειας θα οδηγούσε σε ένα νέφος σημείων με πολύ θόρυβο. Από την άλλη, ακόμα και αν μπορούσε να πραγματοποιηθεί η αποτύπωση της επιφάνειας του συγκεκριμένου αντικειμένου, η γεωμετρική αναπαράσταση εκατομμυρίων τριχών σε πραγματικό χρόνο θα ήταν αδύνατη (τουλάχιστον μέχρι τη στιγμή της συγγραφής της παρούσας μελέτης). Όσον αφορά στη φωτορεαλιστική απεικόνιση τέτοιων αντικειμένων απαιτούνται αλγόριθμοι *καθολικού φωτισμού* (global illumination) με υψηλό υπολογιστικό φορτίο.

Συνοψίζοντας, ένα μεγάλο πλήθος πολιτισμικών αντικειμένων εμφανίζει *περίπλοκη γεωμετρία και επιφανειακές ιδιότητες που είτε δημιουργούν προβλήματα είτε καθιστούν αδύνατη την ψηφιοποίηση με τις σημερινές διαθέσιμες τεχνικές* (2).

## 3.5 Μεθοδολογίες τρισδιάστατης ψηφιοποίησης



Ένα γενικευμένο διάγραμμα διαδικασιών που εμπλέκονται στην τρισδιάστατη ψηφιοποίηση φαίνεται στην εικόνα 3.5.1.

Η τρισδιάστατη ψηφιοποίηση είναι στη γενική περίπτωση, μία πολυσύνθετη διαδικασία που αποτελείται από τρεις βασικές φάσεις:

- *Προετοιμασία:* κατά την οποία γίνονται οι απαιτούμενες προκαταρκτικές ενέργειες της ψηφιοποίησης, οι οποίες αφορούν την τεχνική και τη μεθοδολογία ψηφιοποίησης που θα υιοθετηθεί έως το χώρο που θα πραγματοποιηθεί, θέματα ασφάλειας, προγραμματισμού εργασιών κλπ.



- *Αποτύπωση δεδομένων:* κατά την οποία πραγματοποιούνται οι κύριες διαδικασίες ψηφιοποίησης ακολουθώντας τη μεθοδολογία που καταρτίζεται στη φάση της προετοιμασίας
- *Επεξεργασία των δεδομένων:* κατά την οποία γίνεται η τελική μοντελοποίηση των αποτελεσμάτων της ψηφιοποίησης με διαδικασίες όπως ενοποίηση τμηματικών σαρώσεων, τριγωνοποίηση, επεξεργασία γεωμετρικών δεδομένων, επεξεργασία υψής, ενσωμάτωση υψής στην πληροφορία γεωμετρίας.

Το γενικό αυτό πλαίσιο δεν είναι αναγκαίο να ισχύει πάντοτε. Οι ιδιαιτερότητες των αντικειμένων και των χώρων που ψηφιοποιούνται είναι αυτές που καθορίζουν τις περισσότερες φορές το τελικό πλαίσιο εφαρμογής των διαδικασιών ψηφιοποίησης. Ακόμη πιο σημαντικό είναι το γεγονός ότι οι ιδιαιτερότητες αυτές μπορεί να συμβάλλουν σημαντικά ή ακόμη και να καθορίσουν την επιλογή της τεχνικής που θα πρέπει να ακολουθηθεί. Ο χρυσός κανόνας εδώ είναι ότι δεν υπάρχει μία γενικής χρήσης άριστη μέθοδος τρισδιάστατης ψηφιοποίησης. Για την ακρίβεια υπάρχουν περιπτώσεις που καμία από τις διαθέσιμες μεθόδους δεν μπορεί να οδηγήσει σε ικανοποιητικά αποτελέσματα τρισδιάστατης αποτύπωσης.

Ο πρώτος και βασικότερος διαχωρισμός που μπορεί να γίνει στις μεθοδολογίες τρισδιάστατης ψηφιοποίησης είναι η διάκρισή τους σε:

- *παθητικές μέθοδοι τρισδιάστατης ψηφιοποίησης:* γίνεται συνήθως χρήση του περιβαλλοντικού φωτισμού και τα μοναδικά χαρακτηριστικά που αποτυπώνονται είναι αυτά που είναι εμφανή σε ψηφιακές εικόνες.
- *ενεργητικές μέθοδοι τρισδιάστατης ψηφιοποίησης:* τα ενεργητικά συστήματα που βασίζονται σε ακτίνες λέιζερ κοντινών αποστάσεων αποτυπώνουν τις παραμορφώσεις που δέχεται η δέσμη φωτός καθώς ανακλάται πάνω σε επιφάνειες. Δημιουργούν ένα πυκνό *χάρτη βάθους* ή ένα *νέφος σημείων* από όλες τις εμφανείς επιφάνειες.

Παρακάτω συγκεντρώνονται οι πιο διαδεδομένες σήμερα τεχνικές τρισδιάστατης ψηφιοποίησης (4).

#### **3.5.1 Σάρωση με ακτίνες λέιζερ (laser triangulation)**

Η μέθοδος σάρωσης με ακτίνες laser είναι από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους ψηφιοποίησης. Χρησιμοποιεί έναν πομπό που εκπέμπει μία ή περισσότερες δέσμες φωτός laser, οι οποίες κατευθύνονται στο αντικείμενο και αναπηδούν στην επιφάνειά του. Στη συνέχεια, ένας αισθητήρας συλλέγει την



πληροφορία με τη μορφή νέφους σημείων. Υπάρχουν πολλών ειδών σαρωτές laser οι οποίοι διαφοροποιούνται ως προς:

- ο τη δομή του φωτισμού (απλό σημείο, ακτίνα λέιζερ, πολλαπλός πίνακας)
- ο τη μορφή του αισθητήρα (γραμμικός πίνακας ή πλέγμα CCD ή CMOS). Τα CCD και CMOS είναι τα πλέον διαδεδομένα είδη ηλεκτρονικών οπτικών αισθητήρων.



Είναι ηλεκτρονικά κυκλώματα μεγάλης κλίμακας ολοκλήρωσης με χιλιάδες ή εκατομμύρια εικονοστοιχεία ανά μονάδα επιφάνειας, τα οποία μετατρέπουν την ενέργεια του φωτός σε ηλεκτρονικά σήματα.

- ο τη μέθοδο σάρωσης (μετακίνηση του αντικειμένου μπροστά από την πηγή φωτός ή μετακίνηση του ίδιου του συστήματος γύρω από το αντικείμενο).

Αξίζει τέλος να σημειωθεί ότι η ακρίβεια στη σάρωση με ακτίνες laser προϋποθέτει την σωστή εστίαση της ακτίνας στο αντικείμενο προκειμένου να μην έχουμε ένα πολύ διεσπαρμένο νέφος σημείων και την ελαχιστοποίηση του “θορύβου” που προκύπτει εξαιτίας της διάχυσης του φωτός της ακτίνας στην επιφάνεια του αντικειμένου. Για την ελαχιστοποίηση του θορύβου αυτού μελετούνται ακόμα και σήμερα τεχνικές χωρίς ωστόσο να έχει επιτευχθεί η εξάλειψή του, αφού η κύρια αιτία που τον δημιουργεί είναι η τραχύτητα της επιφάνειας του εκάστοτε αντικειμένου.

Πάντως σε ένα μεγάλο βαθμό ο θόρυβος μειώνεται κατά την επεξεργασία του νέφους σημείων στον Η/Υ.

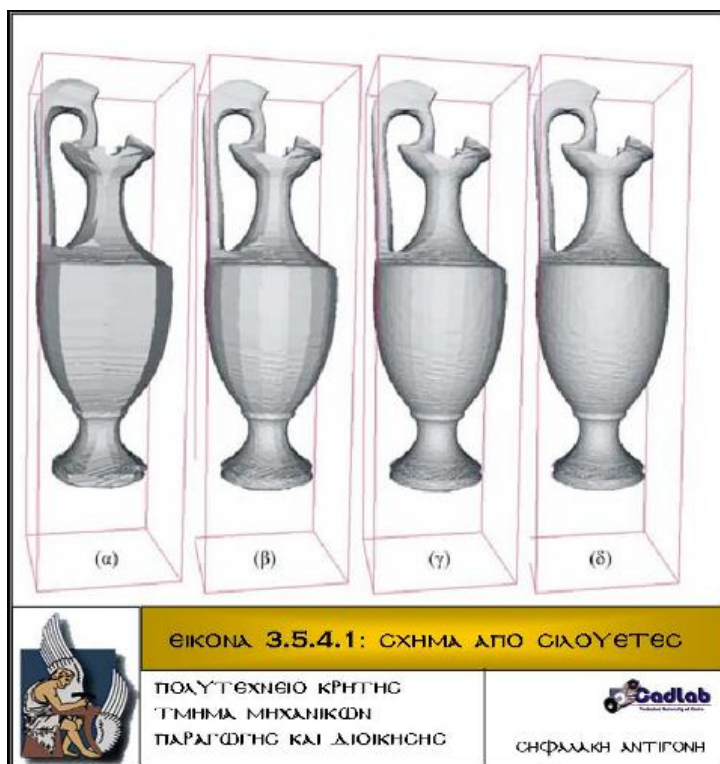


### 3.5.2. Σχήμα από δομημένο φωτισμό (shape from structured light)

Η αρχή λειτουργίας της συγκεκριμένης μεθόδου είναι απλή. Η ανάκτηση της πληροφορίας βάθους πραγματοποιείται με την προβολή ενός μοτίβου φωτός πάνω σε ένα αντικείμενο, από γνωστή οπτική γωνία. Η Σχήμα-από-δομημένο-Φως βασίζεται στην τριγωνοποίηση, όπως και η σάρωση με ακτίνες λέιζερ κοντινών αποστάσεων. Οι δύο μεθοδολογίες έχουν παρεμφερή χαρακτηριστικά ενώ οι εμπορικές υλικοτεχνικές κατασκευές πολλές φορές ταυτίζονται μεταξύ τους. Εξαίρεση αποτελεί η αντικατάσταση της πηγής λέιζερ από μια συσκευή προβολής εικόνας. Για την τρισδιάστατη αποτύπωση πραγματοποιούνται προβολές από φωτεινά μοτίβα που περιέχουν πολλαπλές ρίγες, πλέγματα ή ακόμα και ελλείψεις. Σε κάποιες περιπτώσεις συναντούμε και χρωματικά κωδικοποιημένα μοτίβα. Η χρωματική κωδικοποίηση βοηθά τον σαρωτή να ξεχωρίσει ευκολότερα τις μεταβολές που δέχεται το μοτίβο, καθώς προβάλλεται πάνω στην επιφάνεια του αντικειμένου. Η κωδικοποίηση μπορεί να γίνει με ποικίλες μεθόδους. Δημοφιλέστερες είναι η

μεταβλητή φωτεινότητα χρωμάτων και η μεταβλητή πυκνότητα των σχημάτων που φέρει ένα μοτίβο. Ο κύριος στόχος της προβολής των κωδικοποιημένων μοτίβων είναι ο εύκολος διαχωρισμός του εικονοστοιχείων.

Από τη στιγμή λοιπόν που το μοτίβο είναι κωδικοποιημένο, οι αντιστοιχίες ανάμεσα στις θέσεις των εικονοστοιχείων που αποτυπώνει ο σαρωτής και των αρχικών σημείων του μοτίβου μπορούν να συγκριθούν. Με την σύγκριση υπολογίζονται όλες οι αποκλίσεις στα αντίστοιχα σημεία και μπορεί, με τον έμμεσο αυτό τρόπο, να ανακτηθεί η τρίτη διάσταση.

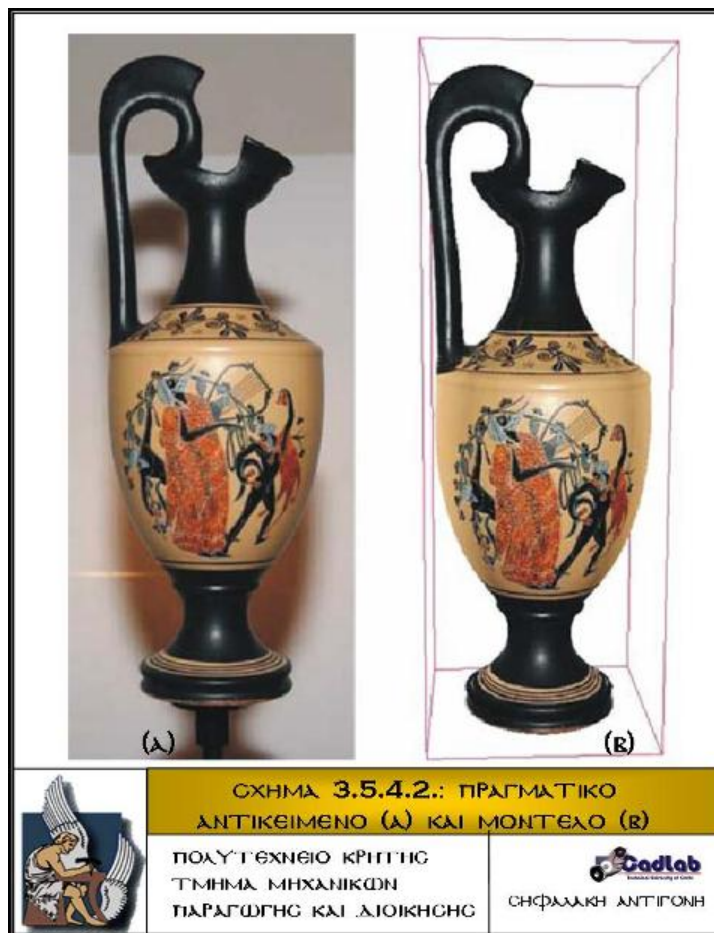


#### 3.5.4.1 Σχήμα από σιλουέτες (shape from silhouette)

Η τεχνική Σχήμα-Από-Σιλουέτες ανήκει στην κατηγορία παθητικών τεχνικών και βασίζεται μόνο στην πληροφορία που προσφέρει ένα σύνολο από δυσδιάστατες φωτογραφίες. Στην ίδια κατηγορία με την τεχνική αυτή συναντάμε και την μεθοδολογία Σχήμα-Από-Στερεοσκοπική-Φωτογράφιση, καθώς και άλλες γνωστές τεχνικές, όπως οι Σχήμα-Από-Κίνηση, Σχήμα-Από-Σκίαση, Σχήμα-Από-Μεταβολή-Εστίασης, οι οποίες βρίσκονται ακόμα σε ερευνητικό επίπεδο, καθώς οι υπάρχουσες υλικοτεχνικές λύσεις δεν έχουν ξεπεράσει τα σύνορα των ερευνητικών εργαστηρίων.

Η βασική ιδέα της τεχνικής αυτής είναι ότι το αντικείμενο φωτογραφίζεται περιμετρικά, με προσοχή, ώστε να υπάρχει μερική επικάλυψη των φωτογραφιών με

τη βοήθεια ειδικής βαθμονομημένης κάμερας. Στη συνέχεια από τις δυσδιάστατες φωτογραφίες εξάγεται η σιλουέτα του αντικειμένου και με τη βοήθεια αυτών ανακατασκευάζεται το αντικείμενο στον Η/Υ σύμφωνα με τη λογική του τριγωνικού



πλέγματος. Η υφή του αντικειμένου ανακατασκευάζεται και αυτή στον Η/Υ, ενώ όπου υπάρχει διαφορετικότητα, αυτή διορθώνεται με αλγόριθμους ανάμειξης.

Μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι τα παρακάτω:

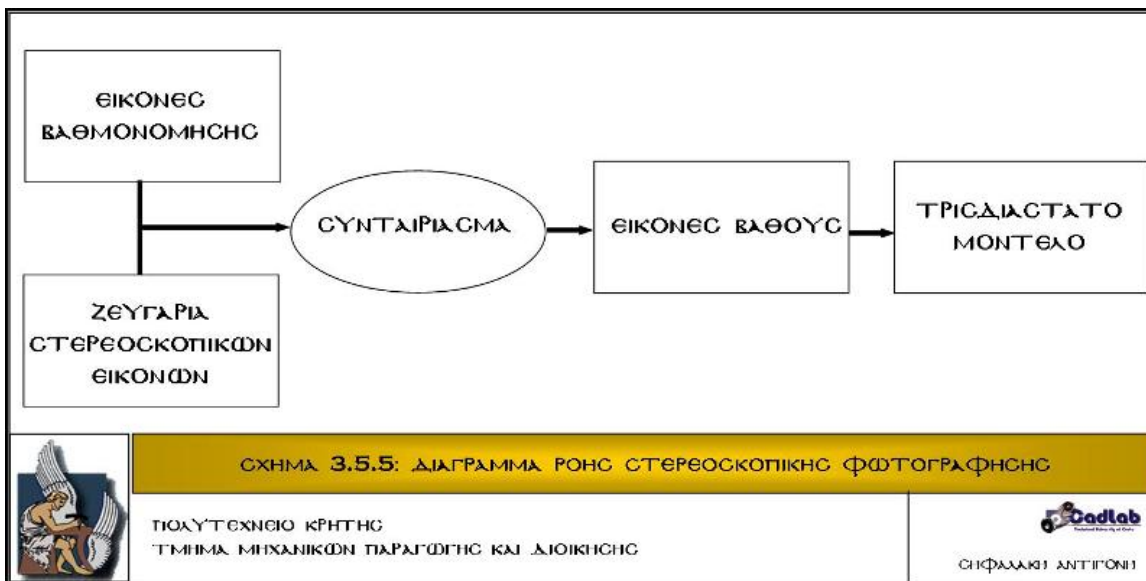
- Το τελικό τρισδιάστατο μοντέλο φέρει μόνο την πληροφορία που περιέχουν οι σιλουέτες. Όποιες τυχόν καμπυλότητες δεν είναι εμφανείς σε αυτές, δεν εμφανίζονται ούτε στο τελικό τρισδιάστατο μοντέλο. Το αποτέλεσμα δεν αποτελεί πιστό αντίγραφο του πραγματικού αντικειμένου
- Το πλήθος των σιλουετών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του τρισδιάστατου μοντέλου παίζει σημαντικό ρόλο στην πιστότητά του. Θεωρητικά, όσο αυξάνεται το πλήθος των σιλουετών τόσο μικρότερο είναι το γεωμετρικό σφάλμα ανάμεσα στο πραγματικό και το ψηφιακό αντικείμενο. Στην εικόνα 3.5.4.1 φαίνεται η απεικόνιση ενός αμφορέα με α)έξι, β)δώδεκα, γ)δεκαοχτώ και δ) εικοσιτέσσερις φωτογραφίες. Εύκολα βλέπει κανείς ότι ο μη

σωστός αριθμός φωτογραφήσεων οδηγεί σε γεωμετρικό σφάλμα του αντικειμένου.

Παρόλα αυτά, μία σωστή φωτογράφιση και επεξεργασία δίνει αρκετά καλά αποτελέσματα όπως βλέπουμε στην εικόνα 3.5.4.2.

### 3.5.5. Σχήμα από στερεοφωτογράφιση (shape from stereo)

Η συγκεκριμένη τεχνική βασίζεται σε ζεύγος φωτογραφιών που παρουσιάζουν ένα αντικείμενο από διαφορετικές οπτικές γωνίες, προσεγγίζοντας τις εικόνες που λαμβάνονται από τα ανθρώπινα μάτια. Συγκεκριμένα τμήματα του αντικειμένου είναι εμφανή και στις δύο φωτογραφίες. Οι εσωτερικές και εξωτερικές παράμετροι των οπτικών συστημάτων χρησιμοποιούνται για την διαδικασία βαθμονόμησης. Η βαθμονόμηση επιτρέπει την ανάκτηση της τρίτης διάστασης ενός σημείου που είναι κοινό ανάμεσα στις δύο φωτογραφίες. Η αναγνώριση των κοινών σημείων πάνω στις εικόνες πραγματοποιείται με μεθόδους αυτόματες ή χειροκίνητες. Η ανάκτηση του βάθους γίνεται με μαθηματικούς αλγορίθμους που χρησιμοποιούν παραμέτρους από τη βαθμονόμηση και τη διαφορά θέσης των κοινών σημείων ανάμεσα στις δύο εικόνες. Μια απλοποιημένη μορφή της διαδικασίας, σε μορφή



διαγράμματος ροής, που ακολουθείται για την ανακατασκευή γεωμετρίας από στερεοφωτογράφιση φαίνεται στην εικόνα 3.5.5.

### 3.5.6. Σχήμα από κίνηση (shape from motion)

Η μέθοδος αυτή αποτελεί μια παραλλαγή της Σχήμα-Από-Στερεοφωτογράφιση, κατά την οποία οι δύο φωτογραφικές μηχανές έχουν



αντικατασταθεί από μια μηχανή λήψης κινούμενης εικόνας που καταγράφει το αντικείμενο από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή

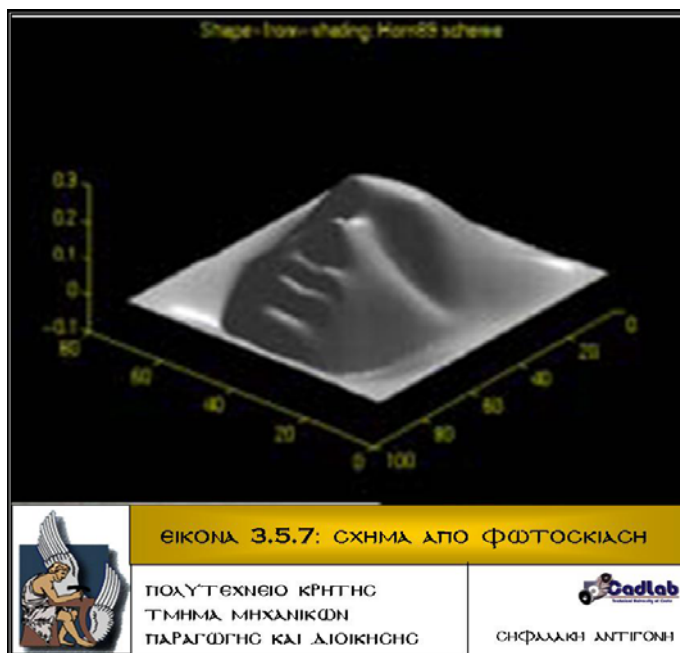


της μεθόδου είναι η απόλυτη ακινησία του αντικειμένου ενώ θεωρείται δεδομένο ότι δεν υπάρχουν κινητά μέρη πάνω του.

Ένας θεμελιώδης περιορισμός τον οποίο δε δύναται να ξεπεράσει η συγκεκριμένη μέθοδος είναι ότι ο χάρτης βάθους λειτουργεί μόνο για τα σημεία του αντικειμένου που είναι ορατά στο φωτογραφικό φακό.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζουν αρκετές ασάφειες, αφού η μέθοδος προσπαθεί να ανακτήσει το τρισδιάστατο μοντέλο του αντικειμένου αλλά και τη θέση της μηχανή λήψης χωρίς να υπάρχει κάποια προηγούμενη γνώση για αυτή. Οι μαθηματικοί υπολογισμοί που πραγματοποιούνται επηρεάζονται από ασαφείς παραμέτρους. Μια από αυτές είναι η Ευκλείδεια ασάφεια και σχετίζεται με το πραγματικό σύστημα συντεταγμένων και τη θέση του αντικειμένου μέσα σε αυτό. Η ασάφεια στην κλίμακα του αντικειμένου είναι ένα πρόβλημα που προέρχεται από τον *προοπτικό φακό* της μηχανή λήψης. Από την άλλη, η χρήση *ορθογραφικών φακών* εμφανίζει ασάφεια βάθους. Και στις δύο περιπτώσεις η απάντηση δίνεται μαθηματικά με την πρόσθετη γνώση της απόστασης ανάμεσα στις δύο θέσεις λήψης των εικόνων.

### 3.5.7. Σχήμα από φωτοσκίαση (shape from shading)



Η φωτοσκίαση παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην αντίληψη του βάθους. Πολλοί ερευνητές προσπάθησαν να εξομοιώσουν τον τρόπο που λειτουργεί το ανθρώπινο σύστημα όρασης για να ανακτήσουν το βάθος με τη βοήθεια των φωτοσκιάσεων.

Η ανάκτηση βάθους με τη μέθοδο Σχήμα-Από-Φωτοσκίαση απαιτεί μία μόνο οπτική γωνία λήψης. Φυσικά για την πλήρη αποτύπωση του αντικειμένου απαιτούνται περισσότερες. Η τεχνική αυτή είναι ακόμα σε πειραματικό στάδιο και τα αποτελέσματά της ως τώρα θεωρούνται ως μη αποδεκτά ποιοτικά.

### 3.5.8. Σχήμα από υφή (shape from texture)

Η βασική αρχή πίσω από την τεχνική αυτή είναι οι παραμορφώσεις που δέχονται μεμονωμένα τα εικονοστοιχεία υφής (texels). Οι μεταβολές της υφής πάνω στην εικόνα επιτρέπουν την εκτίμηση του τρισδιάστατου σχήματος της επιφάνειας που βρίσκεται υπό μελέτη. Η ανακατασκευή βασίζεται σε παραμορφώσεις προοπτικής βάθους αλλά και σε προοπτική σμίκρυνσης (καθώς τα αντικείμενα πλησιάζουν το επίπεδο της εικόνας παύουν να είναι παράλληλα προς αυτό). Το ποσοστό αυτών των παραμορφώσεων μπορεί να υπολογισθεί από την ίδια την εικόνα. Ο υπολογισμός των καμπύλων της επιφάνειας σε οποιοδήποτε σημείο είναι κάθε άλλο παρά τετριμμένο. Για το λόγο αυτό ο υπολογισμός της επιφάνειας γίνεται από τον προσανατολισμό της εκάστοτε επιφάνειας. Ένας χάρτης καθέτων ευθειών σε επιφάνεια προσδιορίζει τον προσανατολισμό της επιφάνειας στα σημεία όπου οι

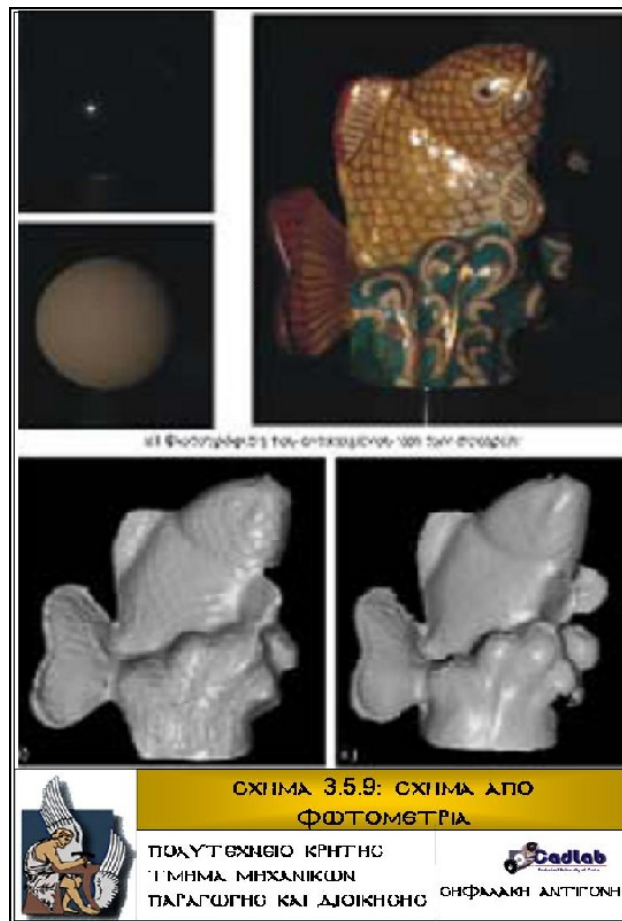


κάθετες υπολογίζονται. Αν υποθεθεί ότι οι κάθετες είναι αρκετά πυκνές και η επιφάνεια είναι ομαλή, τότε ο χάρτης αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τρισδιάστατη ανακατασκευή του αντικειμένου. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για την ανακατασκευή επιφανειών από ύφασμα ή για το ανθρώπινο δέρμα.

### 3.5.9. Σχήμα από φωτομετρία (shape from photometry)

Η Σχήμα-από-φωτομετρία βασίζεται σε μια παραλλαγή της τεχνικής Σχήμα-Από-Φωτοσκίαση. Η διαφορά τους βρίσκεται στο πλήθος φωτογραφιών που χρησιμοποιούνται για την ανακατασκευή του βάθους. Στην παρούσα μεθοδολογία οι εικόνες εμφανίζουν το αντικείμενο από την ίδια οπτική γωνία αλλά υπό μεταβλητές συνθήκες φωτισμού. Η φωτομετρική μέθοδος δύναται να ανακτήσει γρήγορα τον προσανατολισμό της επιφάνειας του αντικειμένου από εικόνες φωτεινότητας (διαβαθμίσεις του γκρι). Για να πετύχει κάτι τέτοιο χρησιμοποιεί άλλοτε βαθμονομημένες πηγές φωτός και άλλοτε όχι. Η επιλογή γίνεται ανάλογα με την πολυπλοκότητα του αλγορίθμου που εφαρμόζεται. Οι βαθμονομημένες συνθήκες φωτισμού είναι εφικτές μόνο σε περιβάλλον εργαστηρίου. Ερευνητικές προσπάθειες γίνονται, ώστε να μπορεί να λειτουργήσει η τεχνική σε περιβάλλον με γενικό φωτισμό.





### 3.5.10 Σχήμα από μεταβαλλόμενη εστίαση (shape from focus)



Τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών έχει επικεντρωθεί σε μια τεχνική που ανακτά την τρίτη διάσταση από μια εικόνα χρησιμοποιώντας το βάθος πεδίου. Το αντικείμενο κινείται προς ένα φακό εστίασης από τον οποίο με βοήθεια κατάλληλων αισθητήρων παίρνουμε το βάθος του αντικειμένου στο χώρο. Οι ακόλουθες παρατηρήσεις είναι κοινά αποδεκτές από όλους τους ερευνητές που έχουν συμμετάσχει στη μελέτη και ανάπτυξη τέτοιων σαρωτών. Η ανάλυση και η ακρίβεια των τεχνικών Σχήμα-Από-Μεταβαλλόμενη-Εστίαση είναι περιορισμένες σε σύγκριση με τις τεχνικές τριγωνοποίησης. Αντίθετα με τις μεθόδους τριγωνοποίησης, αποφεύγουν την τεχνική ταιριάσματος και αντιστοίχισης σημείων. Τα αποτελέσματα της χαρακτηρίζονται, γενικά, αξιόπιστα.

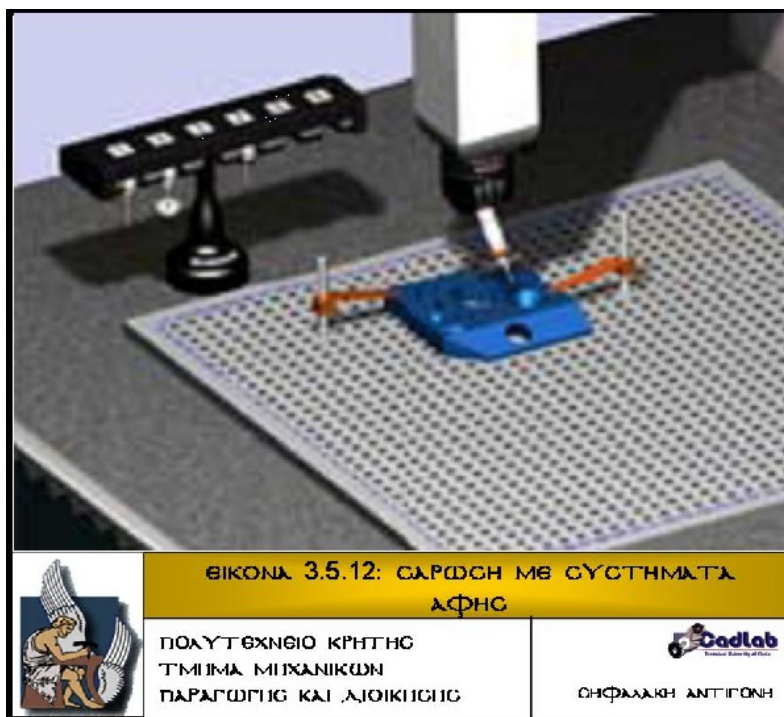
### 3.5.11 Σχήμα από σκιά (shape from shadow)



Η μέθοδος Σχήμα-Από-Σκιά ανήκει στην κατηγορία των παθητικών μεθοδολογιών ανακατασκευής τρισδιάστατων επιφανειών. Το τρισδιάστατο μοντέλο δημιουργείται από τη μελέτη της πληροφορίας που περιέχει η διάχυση της σκιάς που δημιουργεί το ίδιο το αντικείμενο, καθώς αυτό φωτίζεται από μια κινούμενη πηγή φωτός. Φανταστείτε για παράδειγμα τις μεταβολές στη σκιά ενός στύλου καθώς ο ήλιος κινείται. Με την παρατήρηση των μεταβολών που δέχεται το σχήμα των σκιών

μπορούμε να συμπεράνουμε την γεωμετρία της επιφάνειας του αντικειμένου. Μια απλοποιημένη μορφή συστήματος που υλοποιεί τη μέθοδο φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Καθώς η πηγή φωτός μετακινείται, η φωτογραφική μηχανή καταγράφει τις μεταβολές που δέχεται η σκιά, όπως προβάλλεται πάνω στις επιφάνειες του κύβου. Το βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου έγκειται στο χαμηλό κόστος του τεχνολογικού εξοπλισμού: απαιτείται μία ψηφιακή φωτογραφική μηχανή και μία τυπική πηγή φωτός ικανή να δημιουργήσει έντονες σκιές. Επίσης χαμηλή είναι και η απαιτούμενη υπολογιστική ισχύς. Η μέθοδος λειτουργεί βάση κάποιων απλοϊκών υποθέσεων που αφορούν στην επιφάνεια των αντικειμένων. Επί πλέον, έχει αποδειχθεί πως η μέθοδος μπορεί να ανακατασκευάσει περιοχές της επιφάνειας του αντικειμένου που δεν είναι ορατές στην ψηφιακή φωτογραφική μηχανή. Στην πραγματικότητα, η τεχνική δεν έχει ξεφύγει ποτέ τα σύνορα των ερευνητικών εργαστηρίων. Στο διαδίκτυο μπορεί να εντοπιστεί λογισμικό ανοικτού κώδικα που υλοποιεί τη μέθοδο. Η δυσκολία που παρουσιάζει η τεχνική εντοπίζεται στο σημείο αυτόματης αναγνώρισης των σκιών μέσα στις φωτογραφίες.

#### 3.5.12 Σάρωση με συστήματα αφής (measuring systems)



Πολύ συχνά συναντιούνται συστήματα ψηφιοποίησης με ακτίνες λέιζερ κοντινών αποστάσεων που συνεργάζονται με κάποιον μηχανικό βραχίονα, ο οποίος έχει έναν υψηλό βαθμό ελευθερίας κινήσεων. Ο βραχίονας τις περισσότερες φορές

είναι χειροκίνητος, και μέσω δικού του, υψηλής ακρίβειας, καρτεσιανού συστήματος συντεταγμένων μεταφέρει πληροφορία θέσης προς το λογισμικό που διαχειρίζεται την όλη διαδικασία για να ανακτήσει τη θέση της πηγής του λέιζερ στον πραγματικό χώρο. Η επίσημη ονομασία των βραχιόνων είναι Συστήματα Μέτρησης Συντεταγμένων (Coordinate Measuring Machines-CMM). Εκτός από την συνδυαστική τους χρήση με σαρωτές λέιζερ, λειτουργούν και αυτόνομα. Σαν σημείο μέτρησης έχουν την κορυφή μιας ακίδας ή ενός αισθητήρα αφής που τοποθετείται στην άκρη του βραχίονα. Εφαρμογές βρίσκουν κυρίως στην επιθεώρηση βιομηχανοποιημένων μηχανικών εξαρτημάτων. Η επιθεώρηση των διαστάσεων αποσκοπεί στην μέτρηση της γεωμετρίας του αντικειμένου και των χαρακτηριστικών της επιφάνειάς του. Η εφαρμογή τους περιορίζεται στο χώρο της βιομηχανίας και της αντίστροφης μηχανικής. Για τη λειτουργία των συστημάτων αυτών απαιτείται η επαφή του αισθητήρα ή της ακίδας με την επιφάνεια του αντικειμένου που εξετάζεται. Η ακρίβεια τους αγγίζει την τάξη των 25  $\mu\text{m}$ . Η διαδικασία συλλογής δεδομένων είναι πολύ αργή. Ένας μέσος όρος ρυθμού αποτύπωσης συντεταγμένων αγγίζει μόλις ένα σημείο ανά δευτερόλεπτο. Τα συστήματα αυτά δε χρησιμοποιούνται για τη συλλογή μεγάλου όγκου πληροφορίας κάτι που τα καθιστά, σε γενικές γραμμές, μια όχι και τόσο ελκυστική επιλογή για εργασίες αποτύπωσης αντικειμένων πολιτισμικής κληρονομιάς. Επίσης επίφοβη είναι και η επαφή του αισθητήρα με το αντικείμενο εφόσον υπάρχει πιθανότητα να του προκαλέσει κάποια βλάβη-παραμόρφωση.

### **3.5.13 Σύγκριση των μεθόδων**

Περίληπτικά συγκρίσεις μεταξύ των μεθόδων απέδωσαν τις παρακάτω παρατηρήσεις:

Η μέθοδος ψηφιοποίησης με ακτίνες λέιζερ κοντινών αποστάσεων αποφέρει τα ακριβέστερα γεωμετρικά αποτελέσματα. Από την άλλη, η μέθοδος προβολής δομημένου φωτισμού αποδίδει καλύτερη γεωμετρία από τη μέθοδο Σχήμα-Από-Σιλουέτες αλλά όχι καλύτερη από τα συστήματα λέιζερ. Τα αποτελέσματα της Σχήμα-Από-Δομημένο-Φως είναι ανώτερα από αυτά της μεθόδου Σχήμα-Από-Σιλουέτες αφού καταφέρνει να ανακτήσει γεωμετρία από κοίλες επιφάνειες. Θα μπορούσε να ειπωθεί πως η μέθοδος Σχήμα-Από-Δομημένο-Φως είναι η τεχνική που συνδυάζει κάποια από τα στοιχεία αυτοματισμού της Σχήμα-Από-Σιλουέτες με τη δυνατότητα αποδεκτής ακρίβειας γεωμετρικών αποτελεσμάτων. Επίσης, συμπεριφέρεται καλύτερα από τους σαρωτές λέιζερ σε ημιδιαφανή και χρωματιστά αντικείμενα αλλά όχι καλύτερα από ότι η Σχήμα-Από-Σιλουέτες.

Η μέθοδος της Στερεοφωτογράφησης (Stereo-Close Range Photogrammetry) αποτελεί το κύριο εργαλείο, εδώ και αρκετές δεκαετίες, στο χώρο της αρχαιολογικής τεκμηρίωσης. Έχει αποδεχτεί αποτελεσματική όταν υπάρχει περιορισμένος χρόνος

πρόσβασης στο αντικείμενο. Είναι μια παθητική μέθοδος, η οποία βασίζεται περισσότερο σε λογισμικό παρά σε υλικοτεχνικό εξοπλισμό. Ο όγκος της γεωμετρικής πληροφορίας που θα εξαχθεί από τις φωτογραφίες σχετίζεται με τις σωστές οπτικές γωνίες που έχουν επιλεγεί. Η στερεοφωτογράφιση προσφέρει ένα γρήγορο τρόπο «αντίστροφης μοντελοποίησης» αντικειμένων από φωτογραφίες, όπου, όμως, η πυκνότητα των σημείων του τελικού τρισδιάστατου μοντέλου δεν είναι συνήθως μεγάλη, με αποτέλεσμα να μην αποφέρει τα αποτελέσματα που φέρει η σάρωση με δομημένο φως. Βασικό πλεονέκτημα της τεχνικής είναι η απόκρυψη της χαμηλής ποιότητας γεωμετρικής πληροφορίας μετά τη χρήση πληροφορίας υψής. Αυτό το συναντάται και στη Σχήμα-Από-Σιλουέτες. Οι Park, Shin και Chang σε μια μελέτη προσδιορισμού της φθοράς λίθινων αρχαίων μνημείων συγκρίνουν τη δυνατότητα εφαρμογής της αποτύπωσης με λέιζερ και της ψηφιακής Στερεοφωτογράφισης. Ο βασικός τους προβληματισμός είναι ότι, ενώ η Στερεοφωτογράφιση είναι γρήγορη και εύκολη κατά την διαδικασία συγκέντρωσης δεδομένων, η επεξεργασία για την απόκτηση της τρίτης διάστασης είναι αρκετά δύσκολη. Πόσο μάλλον, στη συγκεκριμένη περίπτωση, όπου η επιφάνεια των λίθων είναι τρομερά πολύπλοκη. Στην πραγματικότητα τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας των λίθων δεν αφήνουν και πολλά περιθώρια επιλογής. Η ψηφιοποίηση με ακτίνες λέιζερ απαιτεί πολύ περισσότερο χρόνο για τη συλλογή των δεδομένων αλλά σε αντίθεση με τη Στερεοφωτογράφιση δεν χρειάζεται τόσο μεγάλο χρόνο μετά-επεξεργασίας. Αυτό την κάνει πιο «συμβατή» με την ακανόνιστη και τραχιά επιφάνεια των λίθων. Οι Bohler et al αναφέρουν σε μια δημοσίευση τους πως η Στερεοφωτογράφιση δε λειτουργεί με αποδεκτά αποτελέσματα σε περιπτώσεις ανάγλυφων σε λευκό μάρμαρο, καθώς δεν ανακτούν μεγάλη ποσότητα πληροφορίας υψής. Οι ορθογραφικές φωτογραφίες από Στερεοφωτογράφιση μπορούν να φανούν χρήσιμες για κάποιους σκοπούς αλλά όχι για την τρισδιάστατη ψηφιακή αποτύπωση του μοντέλου. Οι Bohler et al επισημαίνουν επίσης το γεγονός ότι η ψηφιοποίηση με ακτίνες λέιζερ είναι χρονοβόρα αλλά είναι και η μοναδική με τόσο καλά αποτελέσματα.

Πολλές φορές συναντάται και συνδυασμός δύο μεθόδων για τη βελτίωση των αποτελεσμάτων. Ένας συνδυασμός, ο οποίος αποφέρει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα καλύπτοντας υψηλής ανάλυσης γεωμετρία και πληροφορίας υψής είναι η μέθοδος που προτείνουν οι Hernandez και Schmitt. Η μέθοδος συνδυάζει τον αυτοματισμό της Σχήμα-Από-Σιλουέτες και την ποιότητα τρισδιάστατης γεωμετρίας που προσφέρει η Στερεοφωτογράφιση. Η μέθοδος ξεχωρίζει από τις υπόλοιπες, καθώς προσφέρει σχεδόν αυτοματοποιημένα αποτελέσματα χωρίς την ανάγκη μετά-επεξεργασίας του τρισδιάστατου μοντέλου.

Ο συνδυασμός των δύο μεθόδων έρχεται να δώσει απάντηση στο πρόβλημα της Σχήμα-Από-Σιλουέτες στη μοντελοποίηση κοίλων επιφανειών. Ίσως είναι η μοναδική μέθοδος που ξεχωρίζει για την ποιότητα των αποτελεσμάτων της και της αυτοματοποιημένης διαδικασίας αποτύπωσης. Δυστυχώς δεν υπάρχει ακόμα κάποιο εμπορικό σύστημα που να βασίζεται στην συγκεκριμένη τεχνική.

Γενικότερα, οι υπάρχουσες μέθοδοι τρισδιάστατης αποτύπωσης υποφέρουν από πολλούς περιορισμούς. Ακόμα και με τη χρήση των πιο σύγχρονων υπολογιστικών συστημάτων και λογισμικού, συγκεκριμένα βήματα επεξεργασίας γίνονται μόνο όταν ο όγκος πληροφορίας δεν ξεπερνά κάποια συγκεκριμένα όρια. Αν η ανάπτυξη του εξοπλισμού και του λογισμικού συνεχίσουν στους ρυθμούς των προηγούμενων χρόνων τότε αρκετά προβλήματα θα έχουν ξεπεραστεί μέσα στα επόμενα χρόνια. Ίσως ακόμα επιτευχθεί και ο συνδυασμός της ψηφιοποίησης ακτίνων λέιζερ με φωτογραμμετρικά δεδομένα υψής για αποτύπωση μεγάλων και πολύπλοκων πολιτιστικών αντικειμένων που οι διαστάσεις τους ξεπερνάνε τα 5 m. Ο συνδυασμός των δύο μεθόδων μπορεί να αποφέρει πολλά πλεονεκτήματα.

	<b>Βασικά χαρακτηριστικά ενός τρισδιάστατου σαρωτή</b>
1	Οπτικό πεδίο σάρωσης και ταχύτητα αποτύπωσης
2	Ακρίβεια αποτύπωσης τρισδιάστατης γεωμετρίας
3	Ανάλυση αποτύπωσης του σαρωτή
4	Αποτύπωση πληροφορίας υψής και ανάλυση αυτής
5	Ακρίβεια αντιστοίχισης γεωμετρικής πληροφορίας και πληροφορίας υψής
6	Επίπεδο φιλικότητας προς το χρήστη
7	Διαδικασία βαθμονόμησης (απαιτούμενος χρόνος και ευκολία αποπεράτωσης)
8	Περιβαλλοντολογικά χαρακτηριστικά για ορθή λειτουργία του σαρωτή
9	Μέσος όρος συνολικού χρόνου αποτύπωσης για ένα αντικείμενο
10	Μέσος όρος συνολικού χρόνου επεξεργασίας για το τρισδιάστατο μοντέλο
11	Ανάγκη χρήσης λογισμικού από άλλες εταιρείες για επεξεργασία
12	Φορητότητα του συστήματος
13	Υπολογιστικές απαιτήσεις
14	Υποστηριζόμενοι τύποι αρχείων για εξαγωγή τρισδιάστατων μοντέλων
15	Προσωπικό που απαιτείται για τη διαδικασία αποτύπωσης
16	Απαιτήσεις μεταφοράς αντικειμένων (χρήση περιστρεφόμενου τραπεζιού)
17	Επιπρόσθετος εξοπλισμός που απαιτείται στο χώρο αποτύπωσης
18	Υποκειμενικό κριτήριο συμπεριφοράς και απόδοσης του σαρωτή, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά επιφάνειας των αντικειμένων (αντανάκλασεις, χρωματισμοί κλπ)
19	Μέσος όρος συνολικού χρόνου εγκατάστασης και τοποθέτησης του σαρωτή
20	Αντιμετώπιση πιθανών δυσκολιών κατά τη διαδικασία αποτύπωσης
21	Κόστος συστήματος
22	Εγγύηση συστήματος σάρωσης
23	Προαιρετικός εξοπλισμός που συνοδεύει το σαρωτή
24	Ειδικές ρυθμίσεις του σαρωτή που επιτρέπει η κατασκευάστρια εταιρεία για την καλύτερη προσαρμογή του συστήματος στις ανάγκες του εκάστοτε έργου

Πίνακας 3.5.1: Βασικά χαρακτηριστικά ενός τρισδιάστατου σαρωτή

### 3. Τρισδιάστατη Ψηφιοποίηση Εκθεμάτων

Όπως παρατηρείται, η ψηφιοποίηση αντικειμένων με τρισδιάστατους σαρωτές είναι μια διαδικασία που πραγματοποιείται πλέον με ένα πλήθος διαφορετικών μεθόδων. Οι διαφορετικές τεχνολογικές λύσεις που έχουν αναπτυχθεί έχουν στόχο να αντιμετωπίσουν αντικείμενα με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, όπως επιφάνειες με υψηλή ανακλαστικότητα, χρωματική ποικιλία, γεωμετρική πολυπλοκότητα κ.α. Η ακρίβεια των αποτελεσμάτων της κάθε τεχνικής είναι το βασικότερο κριτήριο για τις εταιρίες ανάπτυξης εμπορικών τρισδιάστατων ψηφιακών σαρωτών. Ένα μεγάλο τμήμα του συνόλου των εμπορικών σαρωτών βασίζονται στην τριγωνοποίηση με ακτίνες λέιζερ και αυτό γιατί επιτυγχάνει γεωμετρικά αποτελέσματα υψηλότερης ακρίβειας, που φτάνουν και σε επίπεδα πολύ μικρότερα του 1 mm. Εκτός από την ακρίβεια υπάρχουν και άλλα κριτήρια για την επιλογή της καταλληλότερης μεθοδολογίας. Εναποτίθεται πλέον στον αποφασίζοντα ειδικό η κρίση για το ποια τεχνική σάρωσης θα χρησιμοποιηθεί κάθε φορά, ανάλογα πάντα με

- το εκάστοτε αντικείμενο (υλικό, δυνατότητα μετακίνησης, μέγεθος)
- το προβλεπόμενο κόστος
- τις συνθήκες που επικρατούν στο ευρύτερο περιβάλλον (φωτισμός, υγρασία)
- την επιθυμητή ταχύτητα σάρωσης
- την ακρίβεια που απαιτείται

Κριτήριο	Πιθανές επιλογές	Κριτήριο	Πιθανές επιλογές
<b>Κόστος</b>	Κλάση 10.000€	<b>Φορητότητα</b>	Ναι / Όχι
	Κλάση 20.000€	<b>Ακρίβεια</b>	Χαμηλή (Σιλουέτες)
	Κλάση 50.000€		Μεσαία (δομημένο φως)
	Κλάση 100.000€		Μεγάλη (λέιζερ)
	Κλάση 200.000€	<b>Υφή</b>	Ναι / Όχι
	Κλάση 500.000€	<b>Παραγωγικότητα</b>	Μικρή (1-2 αντικείμενα τη μέρα)
<b>Υλικό</b>	Μάρμαρο		Μεσαία (3-5 αντικείμενα τη μέρα)
	Μέταλλο		Μεγάλη (6+ αντικείμενα τη μέρα)
	Κεραμικό	<b>Εξειδίκευση</b>	Μικρή (1-2 αντικείμενα τη μέρα)
	Ύφασμα		Μεσαία
<b>Μέγεθος</b>	Μικρό (20 cm)		Μεγάλη
	Μεσαίο (20-60cm)	<b>Συμβατότητα με πρότυπα</b>	Ναι / Όχι
	Μεγάλο ( 60cm)		

Πίνακας 3.5.2: Τα βασικότερα κριτήρια επιλογής μεθόδου και συστήματος ψηφιοποίησης

Ο Πίνακας 3.5.1 παρουσιάζει κάποια από τα βασικότερα χαρακτηριστικά ενός συστήματος τρισδιάστατης ψηφιοποίησης, ενώ ένας πιο συνοπτικός πίνακας χαρακτηριστικών που μπορεί να αποτελέσουν κριτήρια επιλογής μεθόδου και συστήματος τρισδιάστατης ψηφιοποίησης κινητών πολιτιστικών αντικειμένων είναι ο πίνακας 3.5.2, στον οποίο αναφέρονται οι πιθανές ρεαλιστικές επιλογές για κάθε κριτήριο.

### **3.6 Αποθήκευση και διαχείριση ψηφιακών δεδομένων**

Τα δεδομένα που προκύπτουν από τη διαδικασία ψηφιοποίησης αντικειμένων και χώρων είναι αρχεία ογκώδη, ενώ το μέγεθός τους εξαρτάται από την ανάλυση της ψηφιοποίησης και το μέγεθος του αντικειμένου ή του χώρου.

Για την επιλογή του συστήματος αποθήκευσης πρέπει πάντα να λαμβάνονται υπ όψιν οι εξής παράγοντες:

1. Ο χρόνος προσπέλασης των δεδομένων
2. Η ταχύτητα μεταφοράς των δεδομένων από το μέσο στη μνήμη του ηλεκτρονικού υπολογιστή και αντίστροφα.
3. Η δυνατότητα ταυτόχρονης πρόσβασης από πολλούς χρήστες
4. Η χωρητικότητα σε δεδομένα
5. Η συχνότητα χρήσης
6. Ο χρόνος ζωής του μέσου και των αποθηκευμένων σε αυτό δεδομένων
7. Οι απαιτούμενες συνθήκες αποθήκευσης και λειτουργίας
8. Το κόστος ανά μονάδα προσφερόμενης χωρητικότητας (π.χ. Megabyte)

Τα δεδομένα που παράγονται κατά την τρισδιάστατη ψηφιοποίηση, τις περισσότερες φορές είναι πολλά ανεξάρτητα αρχεία ακατέργαστων δεδομένων, τα οποία βρίσκονται σε τοπικό σκληρό δίσκο του υπολογιστικού συστήματος που χρησιμοποιήθηκε για την ψηφιοποίηση και αναγνωρίζονται, συνήθως, μόνο από συγκεκριμένο λογισμικό. Μετά την ψηφιοποίηση, τα πρωτογενή δεδομένα πρέπει να συγκεντρωθούν και να τροποποιηθούν, ώστε να δώσουν το αποτέλεσμα που απαιτείται από την εκάστοτε εφαρμογή. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι ενέργειες που απαιτούνται μετά το πέρας της διαδικασίας της τρισδιάστατης ψηφιοποίησης κάποιου θέματος είναι:

1. Η αποθήκευση του πρωτογενούς υλικού για αρχειακούς λόγους, το οποίο πρέπει υποχρεωτικά να συνοδεύεται από μεταδεδομένα.



2. Η επεξεργασία του πρωτογενούς υλικού για την παραγωγή μιας ενιαίας φόρμας, αντιπροσωπευτικής του συγκεκριμένου θέματος. Η αποθήκευσή της θα πρέπει επίσης να συνοδεύεται από μεταδεδομένα.
3. Η μετατροπή του τελικού προϊόντος από το 2<sup>ο</sup> στάδιο σε τύπους αρχείων που έχουν καθιερωθεί στη βιομηχανία των τρισδιάστατων γραφικών. Η αποθήκευση με μεταδεδομένα δεν πρέπει και εδώ να παραλείπεται.
4. Η περαιτέρω μετατροπή για τις ανάγκες της τελικής εφαρμογής.

Τα μεταδεδομένα ανάλογα με την εφαρμογή χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

1. Δεδομένα που εισάγει ο χρήστης και αφορούν πληροφορίες σχετικά με το θέμα, όπως τις αντιλαμβάνεται ο ίδιος (π.χ. μία περιγραφή)
2. Διαχειριστικά δεδομένα, τα οποία χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της έκδοσης των δεδομένων, τον τύπο τους κλπ.
3. Δεδομένα που σχετίζονται με την αυτόματη μαθηματική περιγραφή τρισδιάστατων αντικειμένων. Τα μεταδεδομένα της κατηγορίας αυτής χρησιμεύουν στην αναζήτηση και ταξινόμηση βάσει του ίδιου του περιεχομένου και όχι κάποιας περιγραφής στηριζόμενης στον ανθρώπινο παράγοντα. (4)

### **3.7 Προβολή και δημιουργία αντιγράφων ψηφιακών δεδομένων**

Η ηλεκτρονική παρουσίαση τρισδιάστατων ψηφιοποιημένων θεμάτων μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους, σύμφωνα πάντα με τις ανάγκες κάθε εφαρμογής. Οι παράμετροι που καθορίζουν την επιλογή της πιο κατάλληλης συσκευής για την απεικόνιση των δεδομένων ψηφιοποίησης είναι οι εξής:

1. Ο αριθμός των ανθρώπων που θα παρακολουθούν ταυτόχρονα την παρουσίαση, ο οποίος παίζει καθοριστικό ρόλο στο μέγεθος της οθόνης.
2. Η στερεοσκοπική παρουσίαση του θέματος, έτσι ώστε ο θεατής να έχει πραγματική αντίληψη του βάθους.
3. Ο βαθμός αλληλεπίδρασης με το χρήστη, για παράδειγμα αν θα του επιτρέπεται να μετακινείται κατά βούληση μέσα στο χώρο ή θα πρέπει να παρακολουθήσει μια συγκεκριμένη διαδρομή της ιδεατής κάμερας. Η παράμετρος

αυτή καθορίζει τη συσκευή η οποία θα παρέχει τις εικόνες στη μονάδα προβολής και η οποία στην περίπτωση της προκαθορισμένης πορείας θα μπορεί να είναι ένα απλό DVD player, ενώ στην περίπτωση της ελεύθερης μετακίνησης στο χώρο θα είναι ένας πανάκριβος υπέρ-υπολογιστής.

Σε πολλές περιπτώσεις εταιρίες, κάνοντας χρήση προβολικών συστημάτων, κατασκευάζουν εξειδικευμένες διατάξεις απεικόνισης, όπως «τοίχους», «γραφεία», «δωμάτια», ή «σπηλιές», «θόλους» κλπ. Το κόστος τέτοιων κατασκευών είναι αρκετά μεγάλο και μπορεί να ξεπεράσει τα 100,000€.

Μια άλλη κατηγορία συστημάτων απεικόνισης είναι οι ενεργά τρισδιάστατες οθόνες, οι οποίες επιτρέπουν την πραγματικά στερεοσκοπική θέαση του θέματος, χωρίς να απαιτούν από το θεατή να φορά ειδικά γυαλιά για αντιληφθεί το βάθος, όπως συμβαίνει με τις συμβατικές τεχνολογίες. Είναι τριών υποκατηγοριών:

1. Χρήση τεχνολογίας των επίπεδων οθονών τύπου TFT, ή Plasma, η οποία προσφέρει την αίσθηση του βάθους μέσω ειδικών επιφανειών (φίλτρων) που τοποθετούνται μπροστά από την κυρίως οθόνη.
2. Χρήση οθονών απεικόνισης όγκου (3D Volume Displays), με χρήση ημιδιαφανών περιστρεφόμενων επιφανειών, στις οποίες προβάλλονται διαδοχικά οι εικόνες.
3. Οθόνες κεφαλής (Head Mount Displays – HMD), οι οποίες είναι συσκευές που τοποθετούνται στο κεφάλι του χρήστη, όπως κράνη, μάσκες και γυαλιά και οι οποίες προβάλλουν διαφορετική εικόνα στο κάθε μάτι του χρήστη.

Η αντιγραφή κάποιου τρισδιάστατα ψηφιοποιημένου θέματος μπορεί να χωριστεί σε δύο σκέλη:

A) την ψηφιακή αντιγραφή του σε αντίτυπα και

B) τη φυσική αντιγραφή του, μέσω της διαδικασίας της τρισδιάστατης εκτύπωσης. (4)

## Κεφάλαιο 4:

### Τρισδιάστατη ψηφιοποίηση χώρων με τη μέθοδο του πανοράματος

Η δημιουργία πανοραμάτων και εικονικών αντικειμένων είναι μία αρκετά απλή διαδικασία, εφ' όσον είναι διαθέσιμος ο κατάλληλος εξοπλισμός και το λογισμικό επεξεργασίας των φωτογραφιών.

Για να δημιουργηθεί ένα «εικονικό αντικείμενο» πρέπει να περικυκλωθεί και να φωτογραφηθεί από κάθε πλευρά. Αντίθετα, ο όρος «πανοραμική» εικόνα αποδίδεται όταν θέλει κανείς να δείξει οτιδήποτε υπάρχει γύρω του ή οτιδήποτε μπορεί να δει από μία συγκεκριμένη οπτική γωνία.

#### 4.1. Εξοπλισμός

Για τη δημιουργία ενός σωστού πανοράματος, είναι καταρχήν απαραίτητος ο κατάλληλος εξοπλισμός λήψης πανοραμικών φωτογραφιών. Αυτός περιλαμβάνει τα παρακάτω:

*Ψηφιακή φωτογραφική μηχανή:* Θεωρητικά, τόσο η ψηφιακή μηχανή όσο και η κλασσική φωτογραφική μηχανή που χρησιμοποιεί φιλμ είναι κατάλληλες για χρήση με ευρυγώνιο φακό για τη λήψη πανοραμικών φωτογραφιών. Παρ' όλα αυτά οι ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές είναι πιο βολικές, καθώς οι φωτογραφίες μπορούν να μεταφερθούν απευθείας στον υπολογιστή για επεξεργασία. Για αυτό το λόγο συνιστάται η χρήση ψηφιακής φωτογραφικής μηχανής.

*Ευρυγώνιος φακός:* Ο ευρυγώνιος φακός μπορεί να περικλείσει μια οπτική γωνία πάνω από 180 μοίρες. Έτσι μπορεί να δημιουργηθεί ένα πανόραμα από δύο μόνο φωτογραφίες

*Πανοραμική κεφαλή:* Είναι γνωστή ως πανοραμική κεφαλή τριπόδου ή περιστροφέας και τοποθετείται πάνω σε ένα τρίποδο κατά τη φωτογράφιση ώστε να εξαλειφθούν τα φαινόμενα κακής τοποθέτησης ανάμεσα στις πανοραμικές φωτογραφίες και να μπορέσει να γίνει η συρραφή σωστά.

*Τρίποδο:* είναι μία προσαρμοζόμενη βάση με τρία πόδια που χρησιμοποιείται για τη στήριξη του φωτογραφικού εξοπλισμού κατά τη φωτογράφιση. Είναι πολύ βασικό το τρίποδο να είναι όσο το δυνατόν πιο σταθερό.

Στην περίπτωση του μουσείου San Salvatore χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω:

#### 4.1.1 Φωτογραφική μηχανή Canon EOS 400D



Η ψηφιακή μηχανή Canon EOS 400D είναι τελευταίας τεχνολογίας και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της την κάνουν εύχρηστη και πολύ αποτελεσματική.

Ο αισθητήρας των 10.1 megapixel αποδίδει εξαιρετικής ποιότητας αποτελέσματα. Είναι υπερευαίσθητος σε χαμηλό φωτισμό και ουσιαστικά χωρίς θόρυβο, ενώ ταυτόχρονα είναι γρήγορος και ισχυρός.

Η επισκόπηση της δουλειάς γίνεται εύκολα μέσω της μεγάλης φωτεινής οθόνης 2,5 ιντσών και 230 kpixel. Οι φωτογραφίες είναι πιο ξεκάθαρες, πιο πλούσιες και πιο ζωντανές, ενώ η οπτική γωνία των 160 μοιρών κάνει εύκολο και γρήγορο τον έλεγχο των φωτογραφιών.

Υπάρχει δυνατότητα προσαρμογής παραμέτρων όπως το χρώμα, η αντίθεση, η καθαρότητα, ώστε να επιτυγχάνεται πάντα το επιθυμητό αποτέλεσμα.

#### 4.1.2 Ευρυγώνιος φακός Sigma 8mm

Ένας κοινός φωτογραφικός φακός των 35mm καλύπτει μία επιφάνεια οπτικής γωνίας 40 μοιρών στον οριζόντιο άξονα και 27 μοιρών στον κατακόρυφο άξονα. Η χρήση ενός τέτοιου φακού στην περίπτωση δημιουργίας πανοραμάτων 360\*180 μοιρών κάνει τη διαδικασία πολύ δύσκολη τόσο κατά τη φωτογράφιση όσο και κατά

4. Τρισδιάστατη Ψηφιοποίηση Χώρων με τη μέθοδο του Πανοράματος τη συρραφή των φωτογραφιών. Αντίθετα, ένας ευρυγώνιος φακός όπως ο Sigma 8mm καλύπτει τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης διαδικασίας.

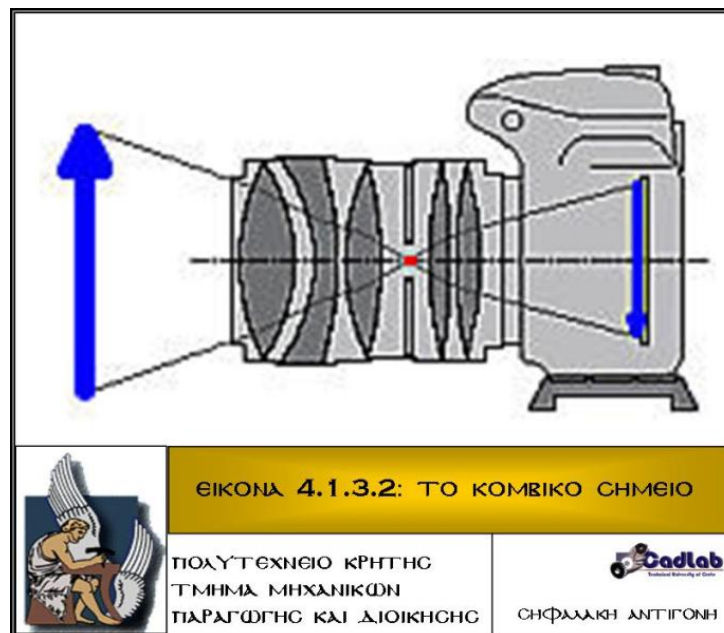


Αυτός ο κυκλικός ευρυγώνιος φακός παράγει εικόνες με οπτική γωνία 180 μοιρών, ενώ παρέχει ένα σύστημα αυτόματης εστίασης για την επίτευξη ακριβούς εστίασης.

#### 4.1.3 Πανοραμική κεφαλή πολλαπλών σειρών Manfrotto 303 SPH

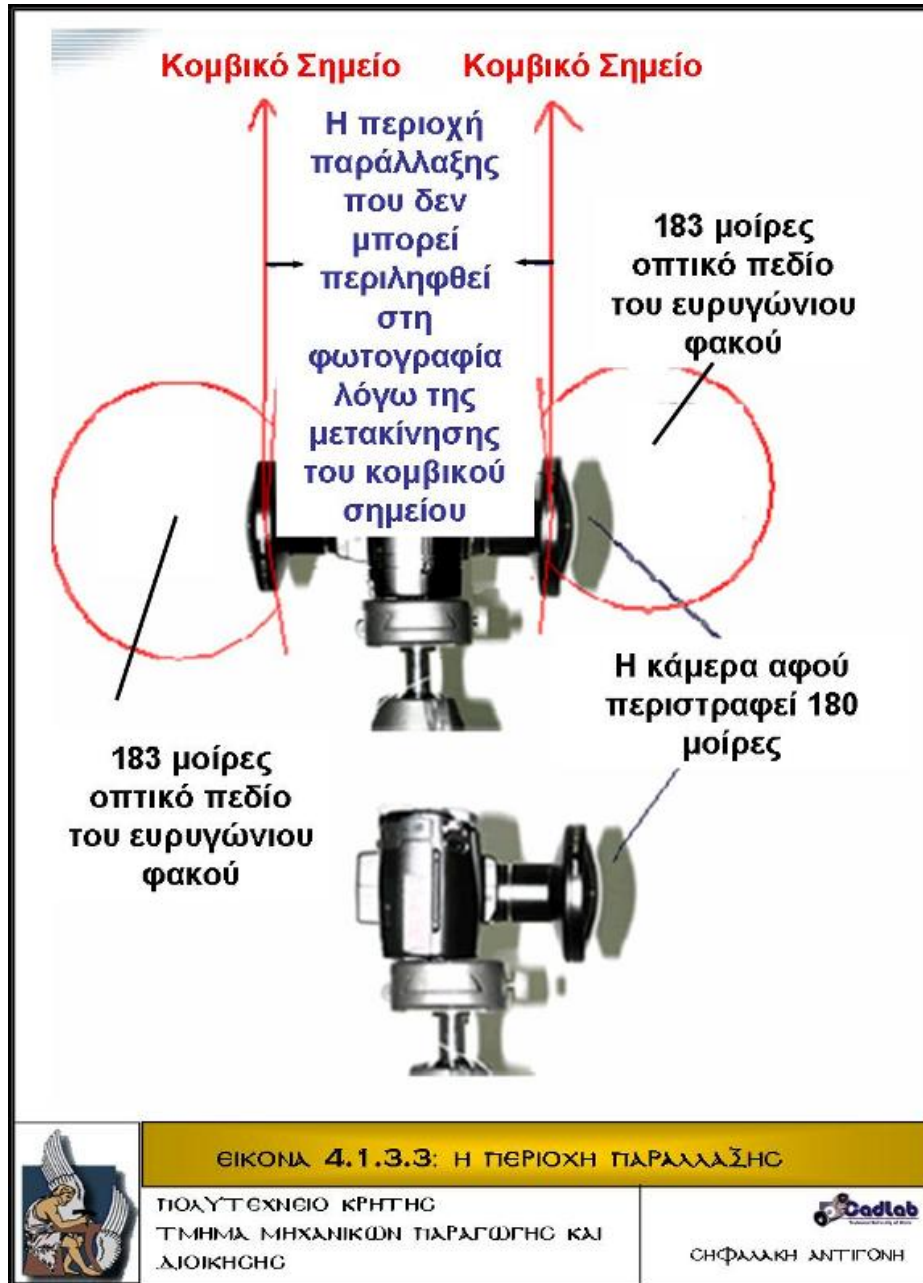
Η 303 SPH είναι μία πανοραμική κεφαλή πολλαπλών σειρών. Έχει κυλιόμενες πλάκες ώστε να εντοπίζεται η κάμερα πάνω από τον πανοραμικό άξονα περιστροφής συν μία επιπλέον πλάκα που περιστρέφεται γύρω από τον άξονα περιστροφής της εμπρός-πίσω κίνησης. Έτσι δίνεται στην κάμερα η δυνατότητα να περιστρέφεται τόσο στους οριζόντιους όσο και στους κάθετους άξονες γύρω από το κομβικό σημείο ώστε η λήψη των πανοραμικών φωτογραφιών να γίνεται γρήγορα και με ακρίβεια.

Για να γίνει κατανοητή η λειτουργία μίας πανοραμικής κεφαλής είναι απαραίτητη η επεξήγηση του «κομβικού σημείου». Το κομβικό σημείο είναι ένα ξεχωριστό σημείο στο χώρο, όπου το φως εισέρχεται στο φακό συγκλίνοντας σε ένα σημείο και έπειτα αποκλίνει ώστε να προσπέσει στο μέσο καταγραφής. Καθώς περιστρέφεται η φωτογραφική μηχανή και λαμβάνονται μία σειρά από φωτογραφίες οι οποίες θα



συρραφτούν αργότερα, πρέπει η λήψη όλων των φωτογραφιών να γίνει με την κάμερα να περιστρέφεται γύρω από το κομβικό της σημείο. Η πανοραμική κεφαλή

4. Τρισδιάστατη Ψηφιοποίηση Χώρων με τη μέθοδο του Πανοράματος  
εξυπηρετεί αυτό το σκοπό: Τοποθετείται πάνω στο τρίποδο και επιτρέπει στη  
φωτογραφική μηχανή να βρίσκεται σε τέτοια θέση ώστε ένα από τα κομβικά σημεία  
του φακού να ταυτίζεται με τον άξονα περιστροφής. Στην περίπτωση που δε  
συμβαίνει αυτό εμφανίζεται το λεγόμενο φαινόμενο της «παράλλαξης» .



Η χρήση της κεφαλής διασφαλίζει ότι το λογισμικό που θα χρησιμοποιηθεί για τη συρραφή των φωτογραφιών θα παράγει ένα εικονικό περιβάλλον στο οποίο θα χρειαστεί ελάχιστη μεταεπεξεργασία και διόρθωση.



#### 4.1.4 Το τρίποδο Manfrotto

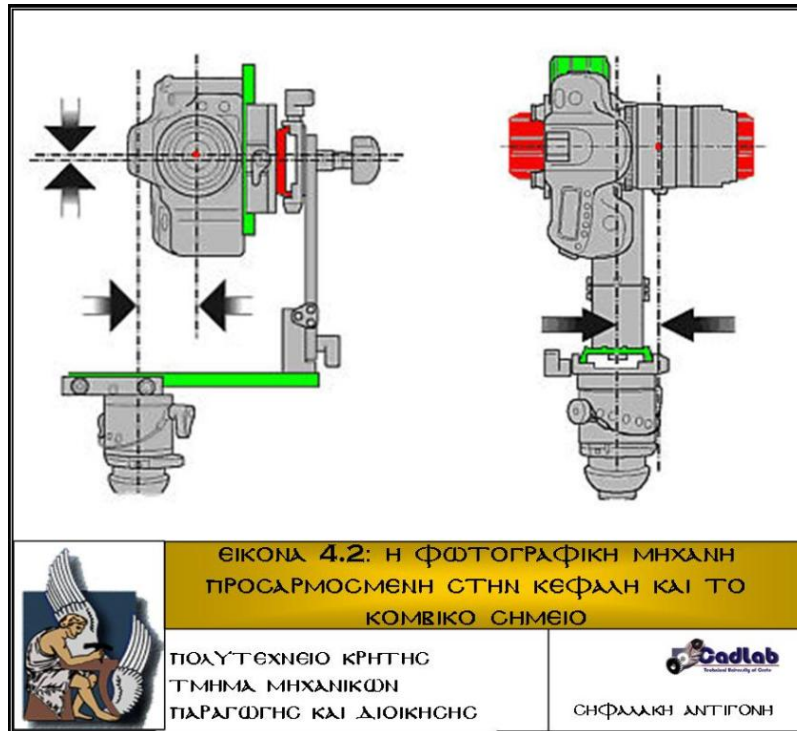
Στην περίπτωση της φωτογράφισης στο μουσείο San Salvatore χρησιμοποιήθηκε το τρίποδο Manfrotto. Έχει τρία προσαρμοζόμενα πόδια και είναι πολύ σταθερό. Η λαβή του είναι κοντή, κάτι που είναι απαραίτητο κατά τη λήψη πανοραμικών φωτογραφιών, διότι διαφορετικά η λαβή καλύπτει ένα μέρος της περιοχής που φωτογραφίζεται.

#### 4.2 Δημιουργία πανοραμικής φωτογραφίας

Για τη δημιουργία ενός πανοράματος είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθούν τα παρακάτω βήματα:

- i. Αναγνώριση του κομβικού σημείου και προσαρμογή του στην πανοραμική κεφαλή
- ii. Εγκατάσταση του τριπόδου στην κατάλληλη θέση για τη λήψη των φωτογραφιών
- iii. Σχεδιασμός των φωτογραφιών (εξαρτάται από το είδος της κάμερας και του φακού που χρησιμοποιείται)
- iv. Λήψη των οριζόντιων φωτογραφιών και των φωτογραφιών «ουρανού» και εδάφους
- v. Συρραφή των φωτογραφιών και δημιουργία του πανοράματος στο κατάλληλο λογισμικό





#### 4.2.1 Εύρεση του κομβικού σημείου

Ο στόχος της περιστροφής της κάμερας γύρω από ένα κομβικό σημείο είναι να αποφευχθεί η εναλλαγή των κοντινών με τα μακρινά αντικείμενα κατά την περιστροφή της κάμερας. Η εικόνα 4.2 παρουσιάζει την πανοραμική κεφαλή με τις τρεις κυλιόμενες πλάκες. Οι δύο πλάκες με το πράσινο χρώμα χρησιμοποιούνται για να φέρουν το κέντρο του φακού στο κέντρο περιστροφής των δύο αξόνων περιστροφής της κεφαλής. Με την κάμερα τοποθετημένη πάνω στην κεφαλή κοιτάζτε προς τα κάτω και μετακινείστε την κάτω πλάκα μέχρι το κέντρο του φακού να βρεθεί ακριβώς πάνω από το κέντρο της πλάκας που βρίσκεται στη βάση της κεφαλής. Έπειτα, προσαρμόζεται η πλάκα που επιτρέπει στο φακό να έρθει σε ευθεία με τη λαβή στο πλάι της κεφαλής που ρυθμίζει τη γωνία περιστροφής της κάμερας. Η κόκκινη πλάκα στην εικόνα προσαρμόζει το πόσο μπροστά ή πίσω τοποθετείται η κάμερα. Αυτή είναι και η πιο κρίσιμη πλάκα για την αναγνώριση του κομβικού σημείου και την τοποθέτηση της κάμερας στη σωστή θέση.

Η κάμερα πρέπει να μετακινηθεί προς-πίσω χρησιμοποιώντας την τελευταία πλάκα, κουνώντας το κομβικό σημείο (που βρίσκεται στον άξονα του φακού που προσαρμόστηκε με την διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω), μέχρι να τοποθετηθεί ακριβώς πάνω στην τομή των δύο αξόνων περιστροφής της κεφαλής. Αυτό μπορεί να ελεγχθεί καλύτερα παρατηρώντας πως εναλλάσσονται τα κοντινά με τα μακρινά αντικείμενα, κοιτώντας μέσα από τη μηχανή και περιστρέφοντάς την.

---

4. Τρισδιάστατη Ψηφιοποίηση Χώρων με τη μέθοδο του Πανοράματος

Μπορείτε να συγκρίνετε είτε στον κατακόρυφο είτε στον οριζόντιο άξονα, αλλά είναι ασφαλέστερο να ελέγξετε το αποτέλεσμα και τους δύο άξονες. Συνεχίστε να μετακινείτε την πλάκα μέχρι να μην υπάρχει εμφανής εναλλαγή ανάμεσα στα μακρινά και τα κοντινά αντικείμενα. Τότε έχει βρεθεί επιτυχώς το κομβικό σημείο.

#### **4.2.2 Τοποθέτηση του τριπόδου**

Αφού έχει επιλεγεί το αντικείμενο, θα χρειαστεί να βρεθεί το καλύτερο σημείο για την τοποθέτηση του τριπόδου. Κάποιες φορές λίγοι πόντοι προς μία πλευρά ή μία άλλη κάνουν τη διαφορά. Για αυτό είναι καλό να αφιερωθεί λίγος χρόνος ώστε να βρεθεί τη θέση η οποία είναι κατάλληλη. Το τρίποδο τοποθετείται περίπου στην επιθυμητή θέση. Έπειτα κοιτώντας περιμετρικά από όσο πιο κοντά γίνεται στο κομβικό σημείο της κάμερας ρυθμίζεται επακριβώς η θέση που θα τοποθετηθεί το τρίποδο. Αφού ρυθμιστεί και το ύψος του τριπόδου είναι απαραίτητο να αλφαδιαστεί η κεφαλή.

#### **4.2.3 Σχεδιασμός και λήψη των φωτογραφιών**

Με τον όρο «σχεδιασμός της φωτογράφισης» εννοείται το πόσες φωτογραφίες είναι απαραίτητο να ληφθούν ώστε να είναι βέλτιστη η κάλυψη όλου του χώρου. Ανάλογα με το λογισμικό που χρησιμοποιείται χρειάζεται μία επικάλυψη περίπου 30% μεταξύ των φωτογραφιών. Κατά τη φωτογράφιση δύσκολων περιοχών, με λίγες κατασκευαστικές λεπτομέρειες, όπως άσπροι τοίχοι ή μεγάλα δωμάτια, μπορεί να υπάρξουν προβλήματα κατά τη συρραφή των φωτογραφιών, λόγω των λιγοστών συγκρίσιμων πληροφοριών στις περιοχές αλληλοεπικάλυψης. Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι καλύτερο να λαμβάνονται περισσότερες φωτογραφίες με μεγαλύτερη περιοχή αλληλοεπικάλυψης, ώστε να υπάρχουν περισσότερα συγκρίσιμα στοιχεία.

Αφού έχει καθοριστεί το πόσες φωτογραφίες θα ληφθούν, γίνονται οι κατάλληλες ρυθμίσεις στην φωτογραφική μηχανή. Αυτές είναι:

- *Ρύθμιση της φωτεινότητας:* Ο φωτισμός εξαρτάται κυρίως από το διάφραγμα και την ταχύτητα που ανοιγοκλείνει. Για έναν έμπειρο φωτογράφο είναι καλύτερα να μην επιλέγει τη ρύθμιση «αυτόματο», αλλά να προσπαθήσει με τη βοήθεια της εμπειρίας του να καθορίσει τη βέλτιστη ταχύτητα διαφράγματος, σύμφωνα με τον περιβαλλοντικό φωτισμό.
- *Ρύθμιση της ποιότητας και του μεγέθους της φωτογραφίας:* Η ποιότητα των φωτογραφιών ρυθμίζει σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα του τελικού

---

#### 4. Τρισδιάστατη Ψηφιοποίηση Χώρων με τη μέθοδο του Πανοράματος

πανοράματος. Όσο καλύτερη είναι η ποιότητα των μεμονωμένων φωτογραφιών τόσο καλύτερη είναι και η ποιότητα του συρραμμένου πανοράματος. Βέβαια, έτσι καταλαμβάνει περισσότερο χώρο. Ο προεπιλεγμένος τύπος αρχείων είναι τα αρχεία τύπου «TIFF».

- ο *Εξισορρόπηση του λευκού*: Η εξισορρόπηση του λευκού είναι μια διορθωτική διαδικασία χρωμάτων, που πραγματοποιείται για να μπορεί η φωτογραφική μηχανή να αντεπεξέλθει στις διαφορετικές συνθήκες του περιβαλλοντικού φωτισμού. Το ανθρώπινο μάτι πραγματοποιεί αυτή τη λειτουργία αυτόματα, αλλά μία ψηφιακή φωτογραφική μηχανή πρέπει να βρει το «λευκό σημείο» (την υπόθεση ότι το λευκό πρέπει να φαίνεται λευκό) και να διορθώσει τα υπόλοιπα χρώματα με βάση αυτήν την υπόθεση. Από μία λανθασμένη εξισορρόπηση του λευκού μπορεί να προκύψει περισσότερο μπλε ή κόκκινο χρώμα στη φωτογραφία.

Αφού έχουν γίνει όλες οι ρυθμίσεις, και η φωτογραφική μηχανή βρίσκεται στην αρχική της θέση, μπορεί πλέον να ξεκινήσει η φωτογράφιση. Στην πανοραμική κεφαλή έχει καθοριστεί η γωνία περιστροφής της βάσης σε κάθε φωτογραφία ώστε να υπάρχει σταθερό βήμα και η συνολική περιστροφή να είναι 360 μοίρες. Η φωτογράφιση προτείνεται να πραγματοποιείται δεξιόστροφα (για το συγκεκριμένο λογισμικό, διαφορετικά θα πρέπει να αλλάξει η σειρά των φωτογραφιών κατά την εισαγωγή τους στο πρόγραμμα). Τελευταίες λαμβάνονται οι φωτογραφίες του ουρανού και του εδάφους. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αυτής είναι πολύ σημαντικό να μη μετακινηθεί καθόλου το τρίποδο.

Αφού ληφθούν οι απαραίτητες πανοραμικές φωτογραφίες, ακολουθεί η διαδικασία επεξεργασίας του στο κατάλληλο λογισμικό για τη δημιουργία του πανοράματος.

#### **4.3 Επεξεργασία των φωτογραφιών στο Panoweaver και δημιουργία του πανοράματος**

Τα πανοράματα των χώρων του μουσείου δημιουργήθηκαν με το λογισμικό Panoweaver 5.00 της εταιρίας Easypano, το οποίο είναι ένα εύχρηστο εργαλείο που χρησιμοποιείται για αυτό το σκοπό.

### 4.3.1 Κατηγορίες πανοραμάτων

Ανάλογα με τον εξοπλισμό που διαθέτει ο χρήστης και τον τρόπο που έχει τραβήξει τις φωτογραφίες, οι βασικές κατηγορίες πανοραμάτων που μπορούν να δημιουργηθούν είναι οι παρακάτω:

Τύπος	Αριθμός φωτογραφιών	Τρόπος φωτογράφισης
<b>Drum (τύμπανο)</b>	4, 4+T, 4+B, 4+T+B	4 φωτογραφίες με κατακόρυφο προσανατολισμό
<b>Full Frame (πλήρες πλαίσιο)</b>	6, 6+T, 6+B, 6+T+B	6 φωτογραφίες με κατακόρυφο προσανατολισμό
	4, 4+T, 4+B, 4+T+B	4 φωτογραφίες με οριζόντιο προσανατολισμό
<b>Full circular (πλήρως κυκλικό)</b>	1, 2, 3, 4	όπως επιθυμεί ο χρήστης

Το T αναφέρεται στην φωτογραφία του ουρανού/ οροφής (TOP) και το B στην φωτογραφία του εδάφους (Bottom)

#### ο Ευρυγώνια εικόνα τύπου Drum (τύμπανο)

Η λήψη των φωτογραφιών γίνεται με κατακόρυφο προσανατολισμό. Λαμβάνονται τέσσερις φωτογραφίες στην περιφερειακή διεύθυνση, ανά 90 μοίρες δηλαδή. Δίνεται δυνατότητα λήψης φωτογραφιών ουρανού και εδάφους.



#### ο Ευρυγώνια εικόνα τύπου Full Frame (πλήρες πλαίσιο)

Έξι πλήρεις ευρυγώνιες φωτογραφίες: Η λήψη των φωτογραφιών γίνεται σε μορφή πορτρέτου. Λαμβάνονται έξι φωτογραφίες στην περιφερειακή διεύθυνση, ανά 60 μοίρες δηλαδή. Δίνεται δυνατότητα λήψης φωτογραφιών ουρανού και εδάφους.



Τέσσερις πλήρεις ευρυγώνιες φωτογραφίες: Η λήψη των φωτογραφιών γίνεται σε μορφή πορτρέτου. Λαμβάνονται τέσσερις φωτογραφίες στην περιφερειακή διεύθυνση, ανά 90 μοίρες δηλαδή. Δίνεται δυνατότητα λήψης φωτογραφιών ουρανού και εδάφους.



- **Ευρυγώνια εικόνα τύπου Full Circular (πλήρως κυκλική)**

Λήψη 1, 2 ή 3, 4 φωτογραφιών στην οριζόντια διεύθυνση και φωτογραφιών ουρανού και εδάφους.

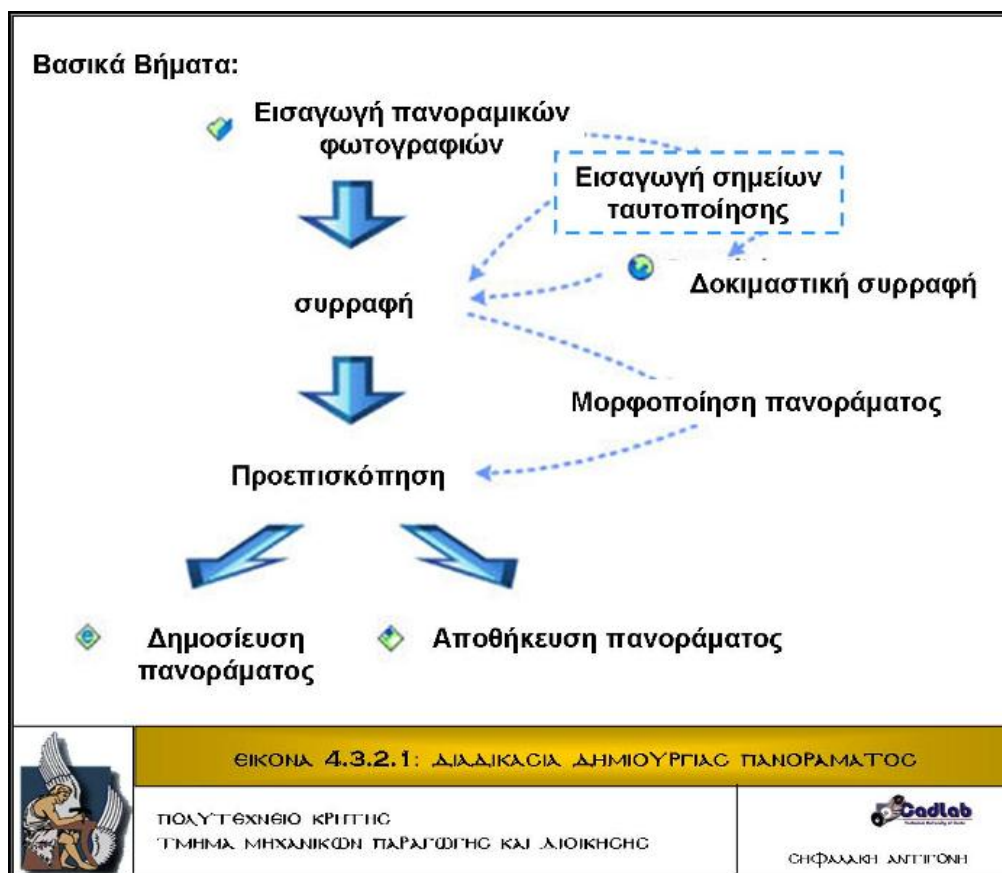


#### 4. Τρισδιάστατη Ψηφιοποίηση Χώρων με τη μέθοδο του Πανοράματος

Οι φωτογραφίες ουρανού και εδάφους (Top και Bottom) πρέπει να ληφθούν στην τελευταία περιστροφή. Αν ληφθούν σε άλλη θέση θα δημιουργηθεί πρόβλημα κατά τη συρραφή. Προτείνεται η περίπτωση 4+T+B.

##### 4.3.2 Συρραφή πανοραμικής φωτογραφίας

Τα βασικά βήματα της διαδικασίας δημιουργίας μίας πανοραμικής φωτογραφίας παρουσιάζονται στην εικόνα 4.3.2.1:



##### ο **Εισαγωγή πανοραμικών φωτογραφιών**

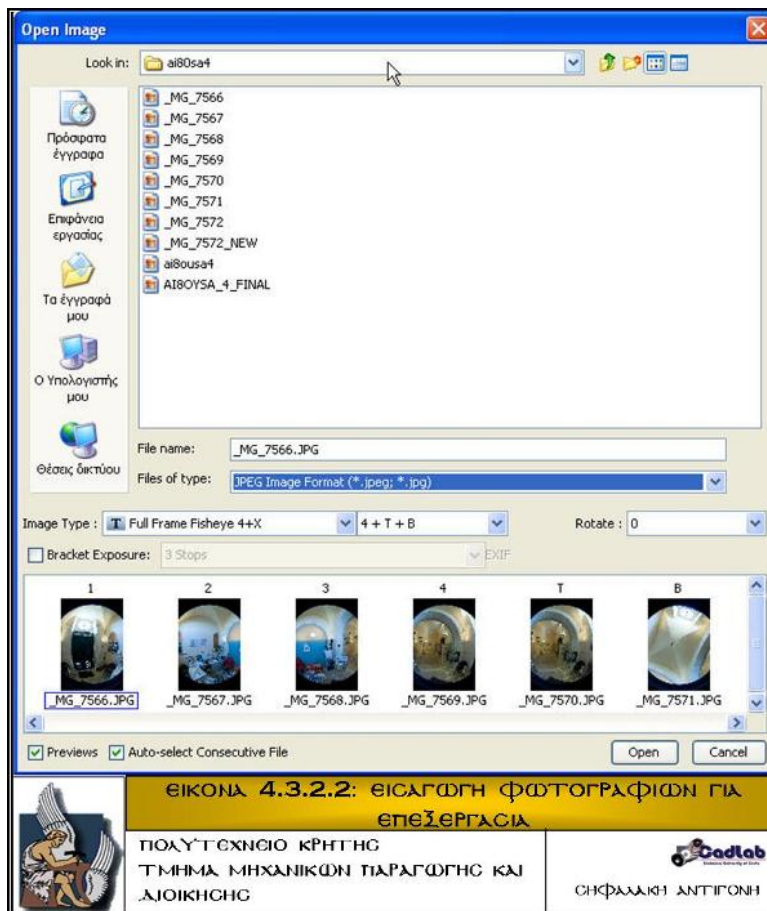
Από τη βασική γραμμή εργαλείων επιλέγεται *File>Open Image*. Στο παράθυρο που ανοίγει πρέπει να γίνουν οι εξής επιλογές:

1. Είδος αρχείου (jpg, .tiff, .bmp, png, ή .tga).
2. Είδος φωτογραφιών (κυκλική, τύμπανο, πλήρους πλαισίου κλπ.)
3. Επιλογή αριθμού φωτογραφιών και αν χρειάζεται να περιστραφούν 0, 90 ή 180 μοίρες.
4. Επιλογή των φωτογραφιών από τη λίστα



#### 4. Τρισδιάστατη Ψηφιοποίηση Χώρων με τη μέθοδο του Πανοράματος

Υπάρχει δυνατότητα προεπισκόπησης των φωτογραφιών, ώστε να επιλεγούν οι σωστές. Επίσης, αν έχουν ληφθεί με τη σωστή σειρά, αφού επιλεγεί η πρώτη, μπορούν να επιλεγούν αυτόματα οι επόμενες στη σειρά ως διαδοχικές φωτογραφίες.



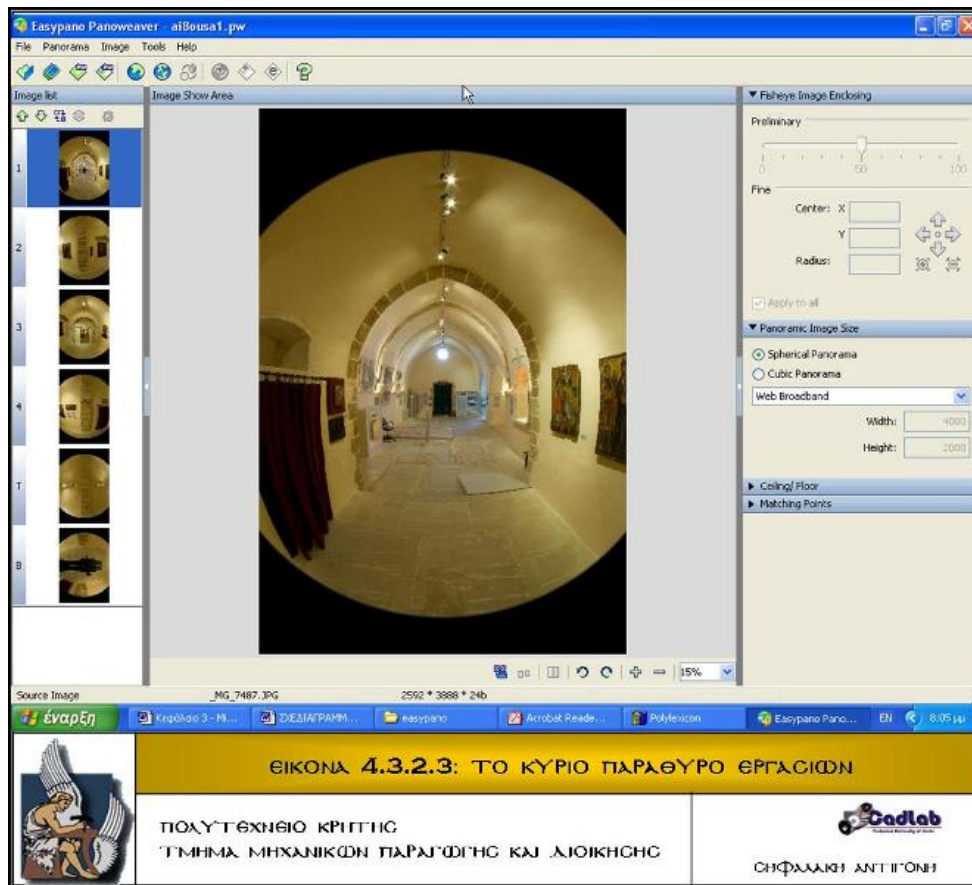
##### ο Το κύριο παράθυρο εργασιών

Το κύριο παράθυρο του χώρου εργασίας με τα βασικά του στοιχεία παρουσιάζεται παρακάτω. Τα στοιχεία που τον αποτελούν είναι τα εξής: γραμμή των μενού, γραμμή εργαλείων, λίστα φωτογραφιών, περιοχή εμφάνισης των φωτογραφιών, πάνελ και γραμμή κατάστασης.

Η λίστα των φωτογραφιών βρίσκεται αριστερά στο παράθυρο. Είναι η περιοχή που υπάρχουν προεπισκοπήσεις των φωτογραφιών που θα χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία του πανοράματος και των πανοραμάτων που έχουν δημιουργηθεί. Οι φωτογραφίες αυτές μπορούν να αντικατασταθούν και να αλλάξουν σειρά στη λίστα. Η επιλεγμένη φωτογραφία εμφανίζεται στην περιοχή εμφάνισης των φωτογραφιών, στο κέντρο του παραθύρου.

Στην περιοχή εμφάνισης των φωτογραφιών παρουσιάζεται η επιλεγμένη από τη λίστα φωτογραφία, ή το πανόραμα που έχει δημιουργηθεί. Στη φωτογραφία αυτή

4. Τρισδιάστατη Ψηφιοποίηση Χώρων με τη μέθοδο του Πανοράματος  
μπορούν να γίνουν διάφοροι χειρισμοί, όπως μεγέθυνση / σμίκρυνση, περιστροφή ή  
μορφοποίηση της φωτογραφίας.



Στο πάνελ, που βρίσκεται στο δεξί μέρος του παραθύρου, πραγματοποιούνται  
οι εξής εργασίες

- ο Καθορισμός του περιβλήματος της ευρυγώνιας φωτογραφίας

Αυτό είναι το πιο βασικό βήμα για τη δημιουργία ενός πανοράματος υψηλής  
ποιότητας. Αυτή η λειτουργία εφαρμόζεται στα πανοράματα τύπου drum και full  
circular. Η διαδικασία ακολουθεί τα παρακάτω βήματα:

1. Επιλογή μίας φωτογραφίας από τη λίστα φωτογραφιών
2. Τοποθέτηση του δείκτη στη γραμμή κύλισης έτσι ώστε η κίτρινος κύκλος να περικλείει σωστά τη φωτογραφία.
3. Προσαρμογή του κέντρου του κύκλου στους άξονες  $x$  και  $y$  και της ακτίνας του, ώστε να βρίσκεται ακριβώς πάνω στην περιφέρεια της φωτογραφίας.
4. Γενικά σε ένα σύνολο φωτογραφιών που έχουν ληφθεί με τον ίδιο εξοπλισμό, οι ρυθμίσεις που γίνονται για μία εικόνα ισχύουν για όλες.



---

#### 4. Τρισδιάστατη Ψηφιοποίηση Χώρων με τη μέθοδο του Πανοράματος

5. Συχνά το πρόγραμμα προϋπολογίζει τη θέση του κίτρινου κύκλου. Αν αυτή είναι σωστή, δε χρειάζεται να προβεί κανείς στην παραπάνω διαδικασία.

ο Καθορισμός του μεγέθους του πανοράματος

Σε αυτό το τμήμα του πάνελ, καθορίζεται το μέγεθος του πανοράματος, το οποίο εξαρτάται από τις απαιτήσεις ποιότητας που έχει ο χρήστης.

Βασικά βήματα:

1. Ορισμός του τύπου του πανοράματος

*Σφαιρικό πανόραμα:* Ο λόγος πλάτους προς ύψος είναι 2:1

*Κυβικό πανόραμα:* Ο λόγος πλάτους προς ύψος είναι 6:1

2. Ορισμός του μεγέθους του πανοράματος.

Το λογισμικό παρέχει αρκετά μεγέθη ευρέως χρησιμοποιούμενα. Η επιλογή γίνεται μέσα από μία υπάρχουσα λίστα, είναι όμως δυνατόν να καθορίσει και ο χρήστης μόνος του το μέγεθος, αν δεν τον εξυπηρετούν τα υπάρχοντα μεγέθη.

ο Οροφή / δάπεδο

Εδώ μπορεί να οριστεί ένα λογότυπο που θα χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια για οροφή ή δάπεδο, αν το επιθυμεί ο χρήστης

ο Σημεία ταυτοποίησης

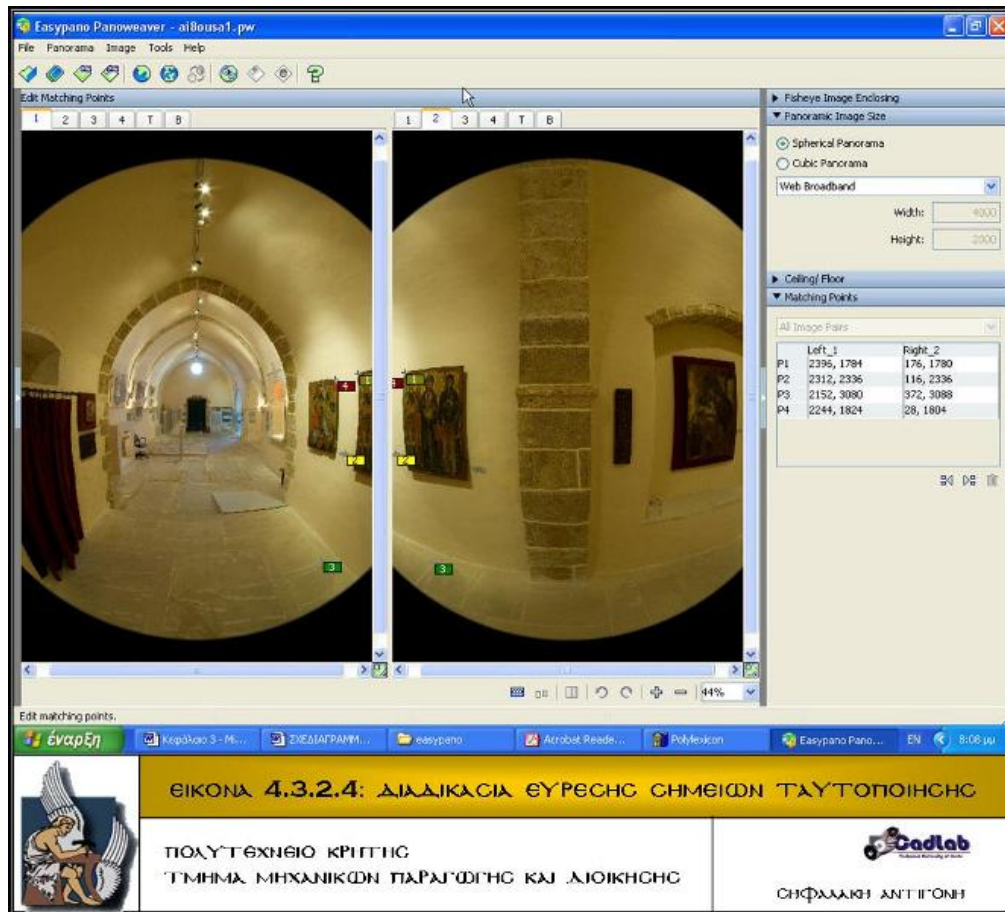
Εδώ παρουσιάζονται οι συντεταγμένες των σημείων που έχουν ταυτοποιηθεί ανάμεσα σε δύο φωτογραφίες, στην περιοχή αλληλοεπικάλυψης

Στη γραμμή κατάστασης, εμφανίζονται τα χαρακτηριστικά του κάθε στοιχείου που είναι επιλεγμένο, όπως όνομα, μέγεθος και είδος.

ο ***Συρραφή Του Πανοράματος***

- ο Δοκιμαστική συρραφή: Επιτρέπει στο χρήστη μια γρήγορη επισκόπηση του αποτελέσματος, χωρίς να ξοδεύει πολύ χρόνο για τη δημιουργία ενός πανοράματος μεγάλου μεγέθους. Για να γίνει μία δοκιμαστική συρραφή, επιλέγεται *Panorama>Pre-stitch*. Ο χρήστης ορίζει ένα αρκετά μικρότερο μέγεθος από αυτό του τελικού πανοράματος (συνιστάται ένα μέγεθος περίπου 1400\*700 pixels). Έτσι το αποτέλεσμα θα εμφανιστεί πολύ γρηγορότερα. Αν είναι ικανοποιητικό, γίνεται η τελική συρραφή με την εντολή *Panorama>Stitch*. Αν δεν είναι ικανοποιητικό, θα πρέπει να διορθωθούν οι παράμετροι του πανοράματος, καθώς και τα σημεία ταυτοποίησης.
- ο Εισαγωγή σημείων ταυτοποίησης: Είναι τα ζευγάρια σημείων στην περιοχή αλληλοεπικάλυψης δύο διαδοχικών φωτογραφιών. Εισαγωγή σημείων

4. Τρισδιάστατη Ψηφιοποίηση Χώρων με τη μέθοδο του Πανοράματος  
ταυτοποίησης είναι η αναζήτηση ζευγών σημείων που ταυτίζονται σε δύο  
διαδοχικές φωτογραφίες. Πραγματοποιείται στην περίπτωση που το λογισμικό  
δυσκολεύεται να προβεί σε αυτή τη διαδικασία από μόνο του. Αν για  
παράδειγμα η περιοχή αλληλοεπικάλυψης είναι ένας άσπρος τοίχος, που δεν  
έχει εμφανή κοινά σημεία, το πρόγραμμα δεν μπορεί να τα εντοπίσει.



ο Πρέπει να καθοριστούν τουλάχιστον τρία ζεύγη για κάθε φωτογραφία. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής:

1. Επιλέγεται η εντολή *Panorama>Matching Points Editing*
2. Η περιοχή μορφοποίησης των σημείων ταυτοποίησης περιλαμβάνει δύο πλαίσια φωτογραφιών, ώστε να προβάλλει δύο διαδοχικές φωτογραφίες ταυτόχρονα. Οι ταμπέλες στην κορυφή των πλαισίων αντιπροσωπεύουν τη σειρά των φωτογραφιών.
3. Σε δύο γειτονικές φωτογραφίες, το κάθε ζευγάρι ταυτοποιημένων σημείων απεικονίζεται με το ίδιο χρώμα και αριθμό. Όταν το πρόγραμμα σταματάει τη συρραφή για να υπενθυμίσει στο χρήστη να προσθέσει τέτοια σημεία, τα σωστά ταυτοποιημένα σημεία αποκτούν πράσινο χρώμα, ενώ αυτά

#### 4. Τρισδιάστατη Ψηφιοποίηση Χώρων με τη μέθοδο του Πανοράματος

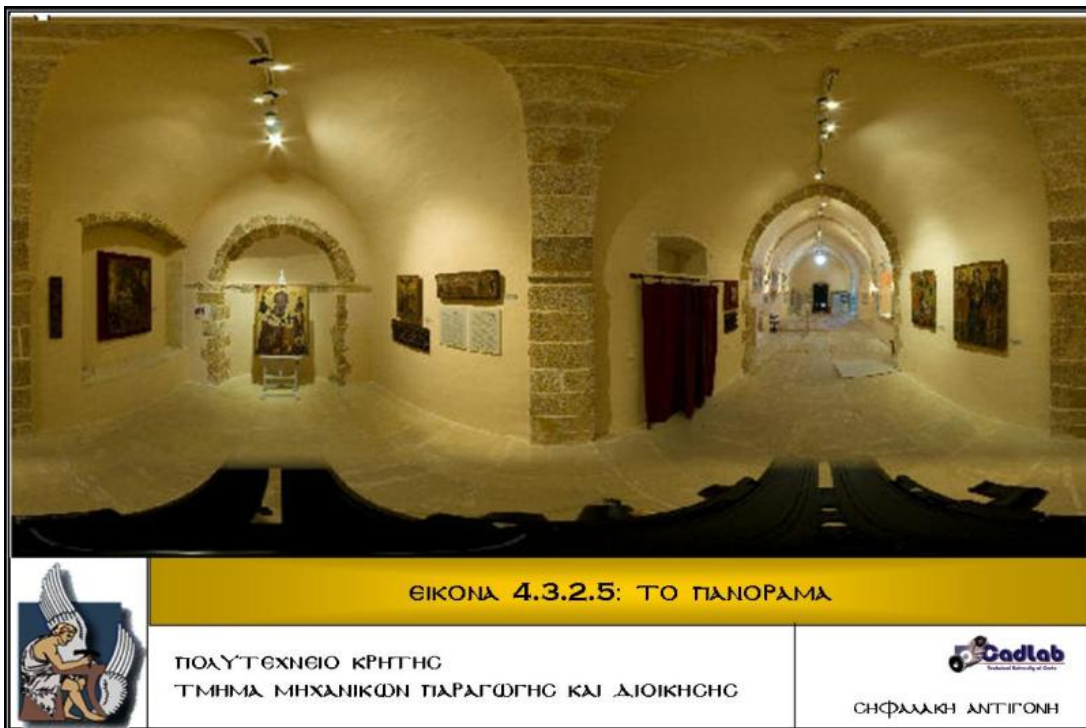
στα οποία υπάρχει πρόβλημα γίνονται κόκκινα. Η θέση κάθε ζευγαριού παρουσιάζεται με ακριβείς συντεταγμένες στον πίνακα ταυτοποιημένων σημείων.

4. Όταν ο κέρσορας μετακινείται σε μία θέση πάνω στη φωτογραφία, η θέση αυτή μεγεθύνεται, ώστε να διευκολυνθεί ο χρήστης στην επιλογή των σωστών σημείων. Η επιλογή των σημείων γίνεται με ένα απλό πάτημα του ποντικιού στη θέση που επιθυμεί ο χρήστης.

5. Είναι απαραίτητο να υπάρχουν τουλάχιστον τρία ζεύγη ταυτοποιημένων σημείων σε κάθε ζεύγος φωτογραφιών. Αυτά τα ζεύγη δεν πρέπει να είναι σε κοντινές θέσεις. Το ιδανικό θα ήταν το ένα να βρίσκεται στο ανώτερο τμήμα της φωτογραφίας, το άλλο στη μέση και το τρίτο στο κατώτερο τμήμα. Το αποτέλεσμα σε αυτή την περίπτωση θα είναι καλύτερο.

6. Αφού γίνει η εισαγωγή των σημείων, με την εντολή *stitch* γίνεται η συρραφή

Το αποτέλεσμα της συρραφής είναι μια πανοραμική φωτογραφία, όπως αυτή που παρουσιάζεται παρακάτω (εικόνα 4.3.2.5)



### 4.3.3 Μορφοποίηση πανοραμικής φωτογραφίας

#### A) Ομογενοποίηση περιοχών αλληλοεπικάλυψης

Πολλές φορές υπάρχουν εμφανείς ραφές στην τελική πανοραμική φωτογραφία, λόγω της διαφορετικής φωτεινότητας των φωτογραφιών. Σε αυτή την



περίπτωση, με την εντολή *Image> Adjust> Overlap Blending*, ρυθμίζεται το πλάτος της αλληλοεπικάλυψης των φωτογραφιών. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην προεπισκόπηση.

#### B) Απομάκρυνση του τρίποδου από τη φωτογραφία

Ο ευρυγώνιος φακός είναι τόσο πλατύς που συνήθως το τρίποδο φαίνεται μέσα στις φωτογραφίες που λαμβάνονται. Για την επίλυση αυτού του προβλήματος υπάρχουν τρεις επιλογές:

1) Απομακρύνοντας το τρίποδο και κρατώντας τη φωτογραφική μηχανή όσο το δυνατόν πιο κοντά στη θέση που βρισκόταν όταν υπήρχε το τρίποδο, λαμβάνεται μία φωτογραφία με διεύθυνση κατακόρυφη προς τα κάτω. Η περίπτωση αυτή είναι αρκετά δύσκολη, λόγω του ότι είναι σχεδόν απίθανο να καταφέρει κάποιος να κρατήσει τη μηχανή σταθερά και ακριβώς στην ίδια θέση που βρισκόταν, χωρίς κάποια βάση. Θα ήταν όμως η ιδανική αν πραγματοποιούνταν επιτυχώς.

#### 4. Τρισδιάστατη Ψηφιοποίηση Χώρων με τη μέθοδο του Πανοράματος

2) Απομάκρυνση του τριπόδου από τη φωτογραφία με τη βοήθεια κάποιου λογισμικού επεξεργασίας φωτογραφιών.

3) Κάλυψη του τριπόδου με κάποιο λογότυπο. Αυτή ή περίπτωση είναι η πιο γρήγορη ευρέως χρησιμοποιούμενη. Πραγματοποιείται ακολουθώντας την εξής διαδικασία:

1. Άνοιγμα του πλαισίου διαλόγου *Ceiling / floor* (οροφή / πάτωμα)
2. Επιλογή από τη λίστα του *floor*
3. Επιλογή από την περιοχή εμφάνισης του λογότυπου της εικόνας που θα χρησιμοποιηθεί. Ρύθμιση του μεγέθους της με βάση την κλίμακα 0-90 που βρίσκεται στη δεξιά πλευρά του πλαισίου, έτσι ώστε να καλύπτει το τρίποδο. Επισκόπηση του λογότυπου στην περιοχή προεπισκόπησης και αποδοχή του αν το αποτέλεσμα είναι το επιθυμητό.

#### **Γ) Τελικές ρυθμίσεις**



Το πανόραμα έχει πλέον δημιουργηθεί και ο χρήστης μπορεί να δει αν τον ικανοποιεί το αποτέλεσμα. Με την εντολή *Preview Panorama* βλέπει το αποτέλεσμα των εργασιών του και αν θέλει μπορεί να πραγματοποιήσει κάποιες αλλαγές.

## Μέρος II:

Ο Συνδυασμός τεχνικών  
τρισδιάστατης ψηφιοποίησης  
για τη δημιουργία του  
ολοκληρωμένου εικονικού  
περιβάλλοντος



## Κεφάλαιο 5:

# Το εικονικό μουσείο San Salvatore

Όλα τα παραπάνω προγράμματα και διαδικασίες χρησιμοποιήθηκαν με σκοπό να δημιουργηθεί μία εικονική περιήγηση στο Βυζαντινό μουσείο Χανίων San Salvatore. Σκοπός ήταν το εικονικό μουσείο που θα δημιουργηθεί να είναι φιλικό στη χρήση, με μεγάλο βαθμό αλληλεπίδρασης με το χρήστη και να καταφέρει να προβάλει τη συλλογή του μουσείου στο ευρύ κοινό με όσο το δυνατόν καλύτερο τρόπο.

### 5.1 Λίγα λόγια για το μουσείο San Salvatore



Βρίσκεται στην εσωτερική βορειοδυτική πλευρά των οχυρώσεων της παλιάς πόλης των Χανίων, που πήρε το όνομα της από τη μονή. Στο κτήριο διακρίνονται τρεις οικοδομικές φάσεις: αρχικά υπήρχε ένα μικρό καμαροσκέπαστο παρεκκλήσι πιθανότατα του 15ου αιώνα. Κατά τον 16ο αιώνα έγινε μια πρώτη επέκταση προς τα δυτικά και στα τέλη της Βενετοκρατίας πήρε τη σημερινή του μορφή με τους δύο χώρους στη βόρεια πλευρά του. Στα χρόνια της Τουρκοκρατίας μετατράπηκε σε τζαμί του Τοπού Αγά Χαν ή Αγά Τζαμισί.



Το πλούσιο αρχαιολογικό υλικό, το οποίο έχει συγκεντρωθεί από τις ανασκαφές που επί πολλά χρόνια διενεργεί η 13η Εφορεία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων στο νομό Χανίων, αλλά και από περισυλλογές και δωρεές, αποτέλεσε μία συλλογή στην οποία καταγράφεται με σαφήνεια η ιστορική πορεία του δυτικότερου νομού της Κρήτης από τα παλαιοχριστιανικά χρόνια έως και την τουρκοκρατία. Αντιπροσωπευτικά δείγματα αυτής της συλλογής εκτίθενται στο ναό του San Salvatore. Στόχος της παρουσίασης αυτού του υλικού είναι η σκιαγράφηση της ιστορικής και της καλλιτεχνικής φυσιογνωμίας του Νομού Χανίων κατά τους



βυζαντινούς και μεταβυζαντινούς χρόνους. Τα εκθέματα ομαδοποιήθηκαν κατά είδος σε ενότητες: ψηφιδωτά, επιτύμβιες επιγραφές, τοιχογραφίες, εικόνες, αρχιτεκτονικά γλυπτά, έργα κεραμικής και μικροτεχνίας, νομίσματα. Τα έργα της κάθε ενότητας παρουσιάζονται σε χρονολογική διαδοχή. Χάρτες και επεξηγηματικοί πίνακες κατατοπίζουν τον επισκέπτη σχετικά με την προέλευση των εκθεμάτων και το ιστορικό πλαίσιο της εποχής τους ( [www.chania.gr](http://www.chania.gr) ).

## 5.2 Η δημιουργία των τρισδιάστατων εκθεμάτων του μουσείου

Η μοντελοποίηση των τρισδιάστατων εκθεμάτων του εικονικού μουσείου πραγματοποιήθηκε μέσω μίας σύνθετης διαδικασίας που απαιτεί σύγχρονο εξοπλισμό και λογισμικά ψηφιοποίησης. Αυτά περιγράφονται πιο αναλυτικά παρακάτω

### 5.2.1 Περιγραφή Εξοπλισμού



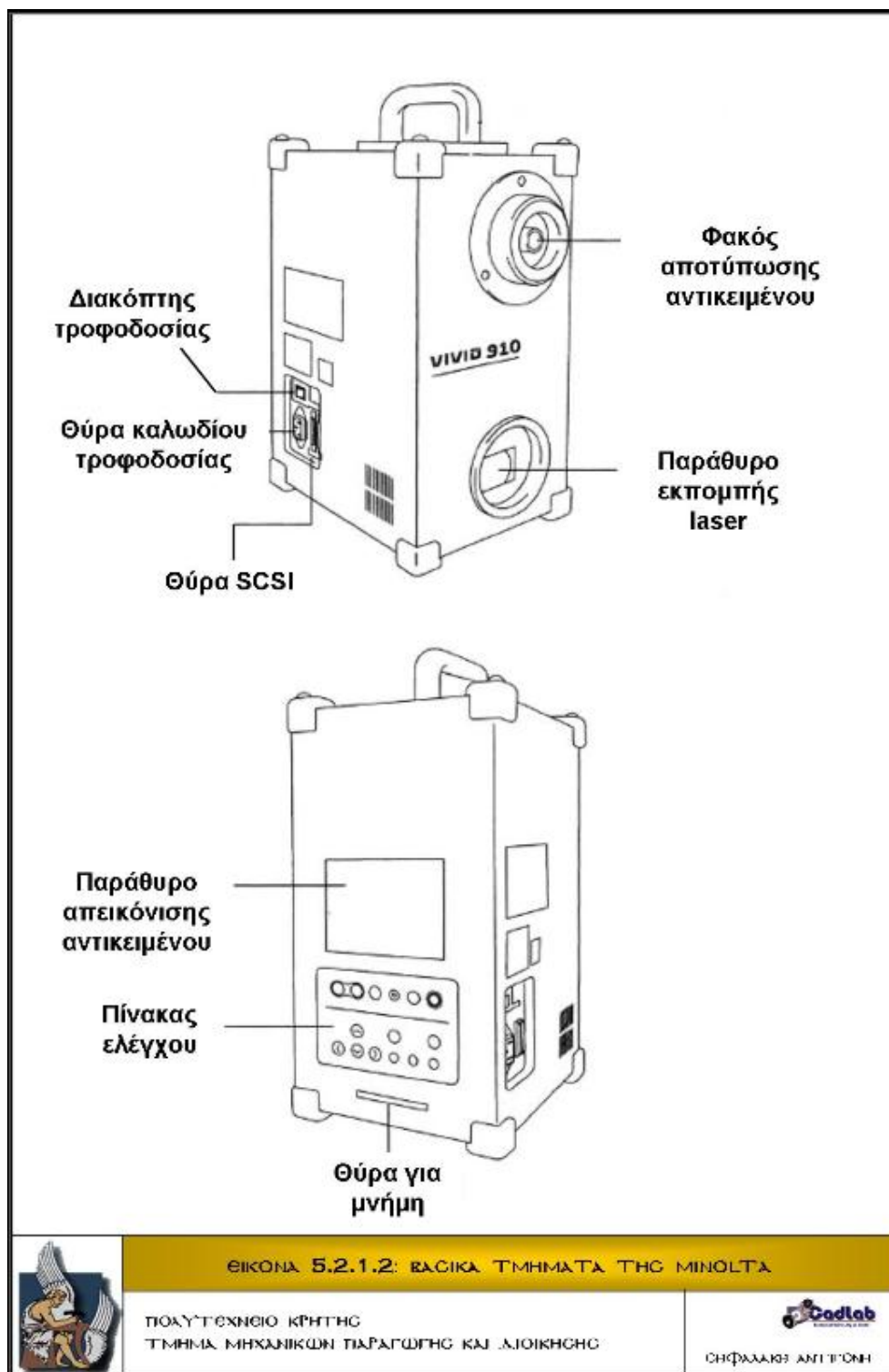
Για την σάρωση των εκθεμάτων του μουσείου χρησιμοποιήθηκε ο τρισδιάστατος σαρωτής VIVID 910 / VI – 910 της Minolta. Πρόκειται για ένα φορητό

σαρωτή, ο οποίος αποτυπώνει τρισδιάστατη γεωμετρία και μια έγχρωμη απεικόνιση της επιφάνειας.

Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στην οπτική τριγωνοποίηση, μέσω της οποίας τα αποτυπωμένα διακεκριμένα σημεία του τρισδιάστατου χώρου (νέφος σημείων) συνδέονται μεταξύ τους σε ένα τριγωνοποιημένο δικτυωτό πλέγμα. Αναλυτικότερα, το αντικείμενο σαρώνεται από μια οριζόντια δέσμη laser φωτός, η οποία εκπέμπεται από το διάφραγμα ενός κυλινδρικού φακού στο κάτω μέρος του σαρωτή. Το φως που αντανακλάται από την επιφάνεια του αντικειμένου ανιχνεύεται από τον φακό του σαρωτή και μεταβιβάζεται σε μια CCD κάμερα, μέσω της οποίας μετατρέπεται σε πληροφορία απόστασης. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται με τη δέσμη φωτός να σαρώνει κάθετα την επιφάνεια του αντικειμένου από την κορυφή προς τη βάση, μέσω ενός καθρέφτη ο οποίος περιστρέφεται με τη βοήθεια ενός γαλβανόμετρου ακριβείας. Με αυτό τον τρόπο, λαμβάνεται μια τρισδιάστατη απεικόνιση του αντικειμένου υπό μορφή νέφους σημείων.

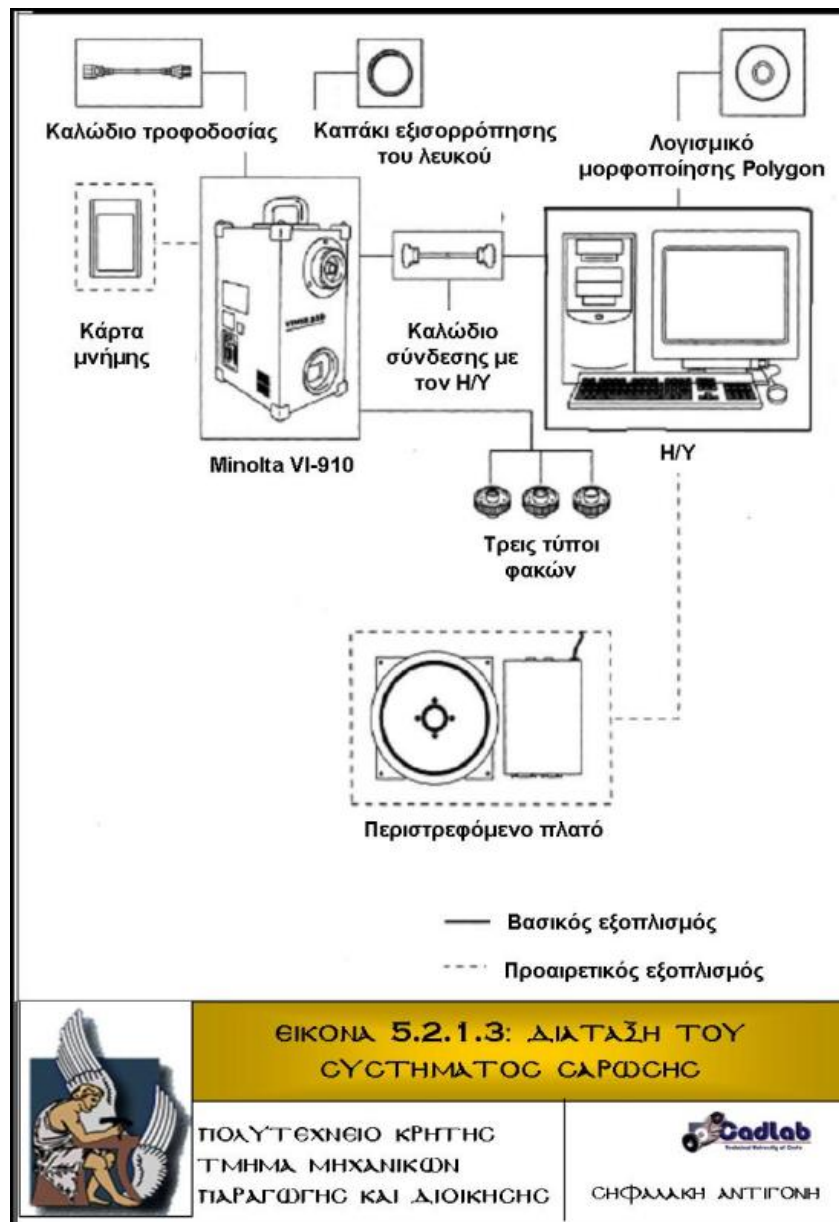
Κατά το χρονικό διάστημα που η ακτίνα φωτός δεν εκπέμπεται, τα δεδομένα του CCD συστήματος διέρχονται από ένα RGB φίλτρο, οπότε λαμβάνεται και μια έγχρωμη εικόνα του αντικειμένου (bitmap image). Η ψηφιακή σάρωση διαρκεί περίπου 2.5 δευτερόλεπτα.

Στην εικόνα 5.2.1.2 απεικονίζονται τα τμήματα της Minolta. Στην μπροστινή της όψη εμφανίζονται το παράθυρο εκπομπής του laser (Laser Emitting Window) και ο φακός για την αποτύπωση του αντικειμένου (Light Receiving Lens). Στην πλαϊνή της όψη, οι διακόπτες για την τροφοδοσία και η υποδοχή για ένα καλώδιο SCSI για την σύνδεσή της με τον υπολογιστή. Στην πίσω της όψη υπάρχουν το παράθυρο απεικόνισης του αντικειμένου (Viewfinder), ο πίνακας ελέγχου (Operation Panel) και η υποδοχή για μνήμη flash και την αποθήκευση των δεδομένων.



Στην εικόνα 5.2.1.3 εμφανίζεται η διάταξη του συστήματος που χρησιμοποιήθηκε κατά την εφαρμογή της ψηφιοποίησης. Ο απαραίτητος εξοπλισμός συμβολίζεται με συνεχή γραμμή, ενώ ο προαιρετικός με διακεκομμένη.

Η Minolta συνδέεται μέσω ενός SCSI καλωδίου με τον υπολογιστή. Στο βασικό της εξοπλισμό περιλαμβάνονται επίσης ένα καπάκι εξισορρόπησης του



λευκού (white balance cap), τρεις τύποι φακών και το μητρικό λογισμικό της (Polygon Editing Tool) για την επεξεργασία των δεδομένων. Προαιρετικά χρησιμοποιείται μια μνήμη flash για την αποθήκευση των δεδομένων καθώς και ένα περιστρεφόμενο πλάτο για την τοποθέτηση του αντικειμένου που θα ψηφιοποιηθεί. Πριν την έναρξη της ψηφιοποίησης, προσαρμόζεται το καπάκι εξισορρόπησης του λευκού στο σαρωτή ώστε να βαθμονομηθεί το λευκό χρώμα. Η ρύθμιση αυτή πραγματοποιείται αυτόματα.

Η Minolta VI-910 μπορεί να ψηφιοποιήσει αντικείμενα διαφόρων διαστάσεων (οι διαστάσεις τους κυμαίνονται από 110\*80\*40 mm μέχρι 1200\*900\*750 mm) χρησιμοποιώντας τους ακόλουθους 3 φακούς:

- ο Έναν ευρυγώνιο φακό (WIDE LENS).
- ο Έναν μεσαίας γωνίας φακό (MIDDLE LENS).
- ο Έναν τηλεφακό (TELE LENS).

Ανάλογα με τις διαστάσεις του αντικειμένου επιλέγεται και ο κατάλληλος φακός. Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται για τις οριακές τιμές της μετρούμενης απόστασης η μέγιστη τιμή της οριζόντιας και κάθετης διάστασης ενός αντικειμένου που μπορεί να αποτυπωθεί. Όλες οι τιμές εμφανίζονται σε χιλιοστά.

<b>WIDE LENS (ΕΣΤΙΑΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ f =8mm)</b>						
<b>ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ</b>		<b>600</b>	<b>800</b>	<b>1000</b>	<b>1200</b>	<b>2000</b>
<b>ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ</b>	<b>ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ</b>	367,0	486,6	606,2	725,8	1204,2
	<b>ΚΑΘΕΤΗ</b>	275,2	364,9	454,6	544,4	903,2

<b>MIDDLE LENS (ΕΣΤΙΑΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ f =14mm)</b>						
<b>ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ</b>		<b>600</b>	<b>800</b>	<b>1000</b>	<b>1200</b>	<b>2500</b>
<b>ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ</b>	<b>ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ</b>	204,7	270,6	336,5	402,4	830,6
	<b>ΚΑΘΕΤΗ</b>	153,6	203	252,4	301,8	622,9

<b>TELE LENS (ΕΣΤΙΑΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ f =25mm)</b>						
<b>ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ</b>		<b>600</b>	<b>800</b>	<b>1000</b>	<b>1200</b>	<b>2500</b>
<b>ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ</b>	<b>ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ</b>	113,9	151,0	188,0	225,1	465,9
	<b>ΚΑΘΕΤΗ</b>	85,4	113,2	141,0	168,8	349,4

Κατά την ψηφιοποίηση ενός αντικειμένου με τη χρήση της Minolta Vivid 910/VI-910 είναι αδύνατη η αποτύπωση της συνολικής επιφάνειας του αντικειμένου με μια και μοναδική σάρωση. Επομένως, το αντικείμενο σαρώνεται τμηματικά και οι όψεις του στη συνέχεια ενοποιούνται στο αρχικό αντικείμενο με χρήση του λογισμικού Geomagic Studio 7 . Η επιλογή των όψεων μπορεί να γίνει είτε χειροκίνητα, είτε αυτόματα με τη χρήση της περιστροφικής ιδιότητας του πλατό. Στη δεύτερη περίπτωση, καθορίζεται η γωνία περιστροφής του πλατό γύρω από τον άξονά του μέχρι να διαγραφεί ένας πλήρης κύκλος.

Η τιμή της γωνίας καθορίζει και τον αριθμό των σαρώσεων που θα πραγματοποιηθούν. Για παράδειγμα, αν επιλεγεί η περιστροφή του πλατό ανά 60° θα εκτελεστούν 6 διαφορετικές ψηφιοποιήσεις. Όταν όλες οι σαρώσεις ολοκληρωθούν, προσαρμόζεται το διάγραμμα βαθμονόμησης (calibration chart) στο

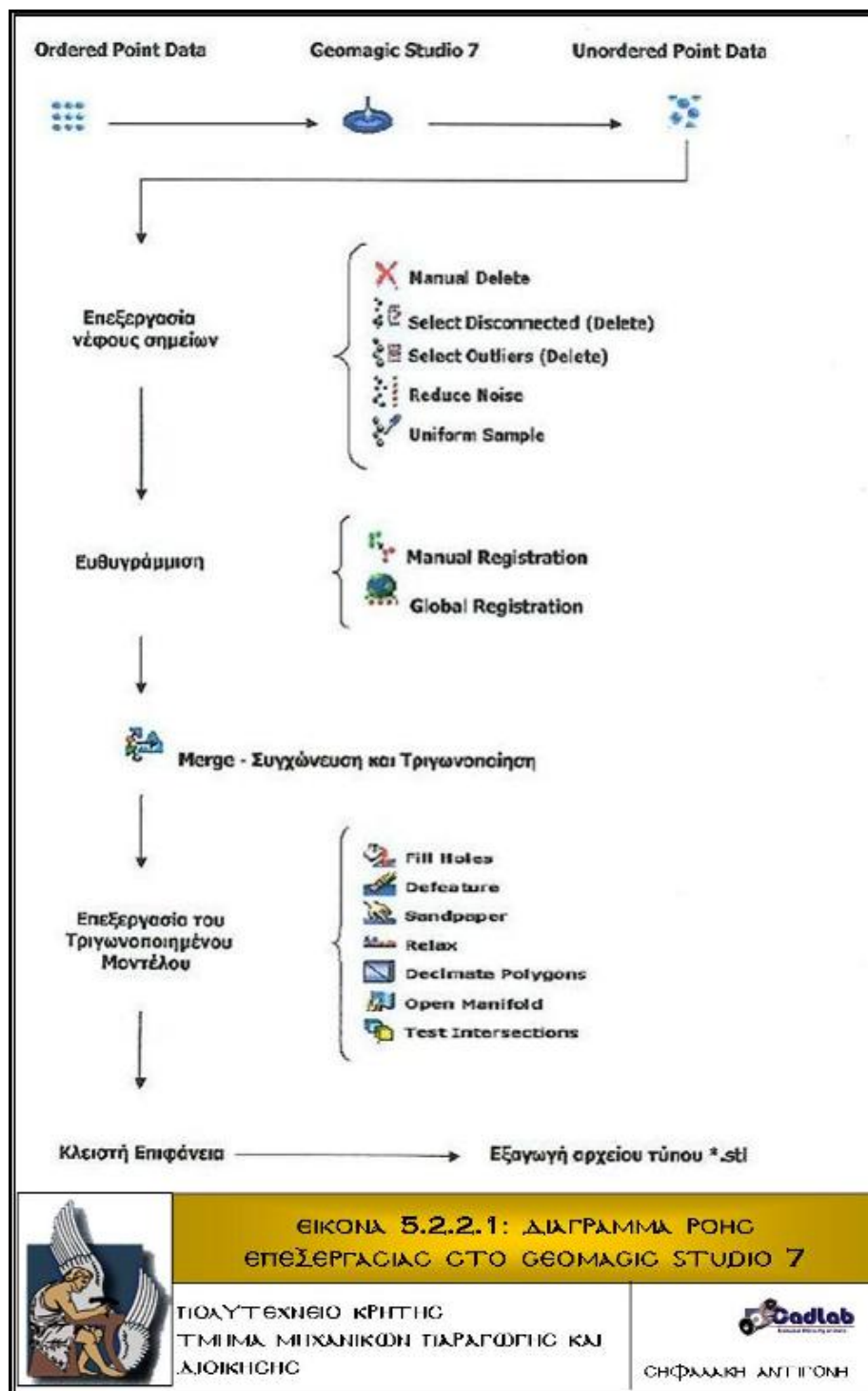
πλατό και εκτελείται μια ακόμη σάρωση. Με τη βοήθειά του γίνεται η βαθμονόμηση του σαρωτή, ώστε κατά την περιστροφή του πλατό να αναγνωριστεί από το σύστημα η θέση κάθε ψηφιοποιημένης όψης στο χώρο. Κατά τη χειροκίνητη ψηφιοποίηση δεν υπάρχει περιστροφή, οπότε δεν απαιτείται αυτή η διαδικασία.

Τα εκθέματα του μουσείου σαρώθηκαν και τα δεδομένα που λήφθηκαν εισήχθησαν στο λογισμικό Polygon editing tool (PET), που είναι το μητρικό λογισμικό της Minolta. Στην παρούσα εργασία το λογισμικό αυτό χρησιμοποιήθηκε μόνο για την απεικόνιση των ψηφιοποιημένων δεδομένων, καθώς η επεξεργασία τους γίνεται με το Geomagic Studio και το 3D SOM.

### **5.2.2 Επεξεργασία θυρώματος με τη χρήση του Geomagic Studio 7**

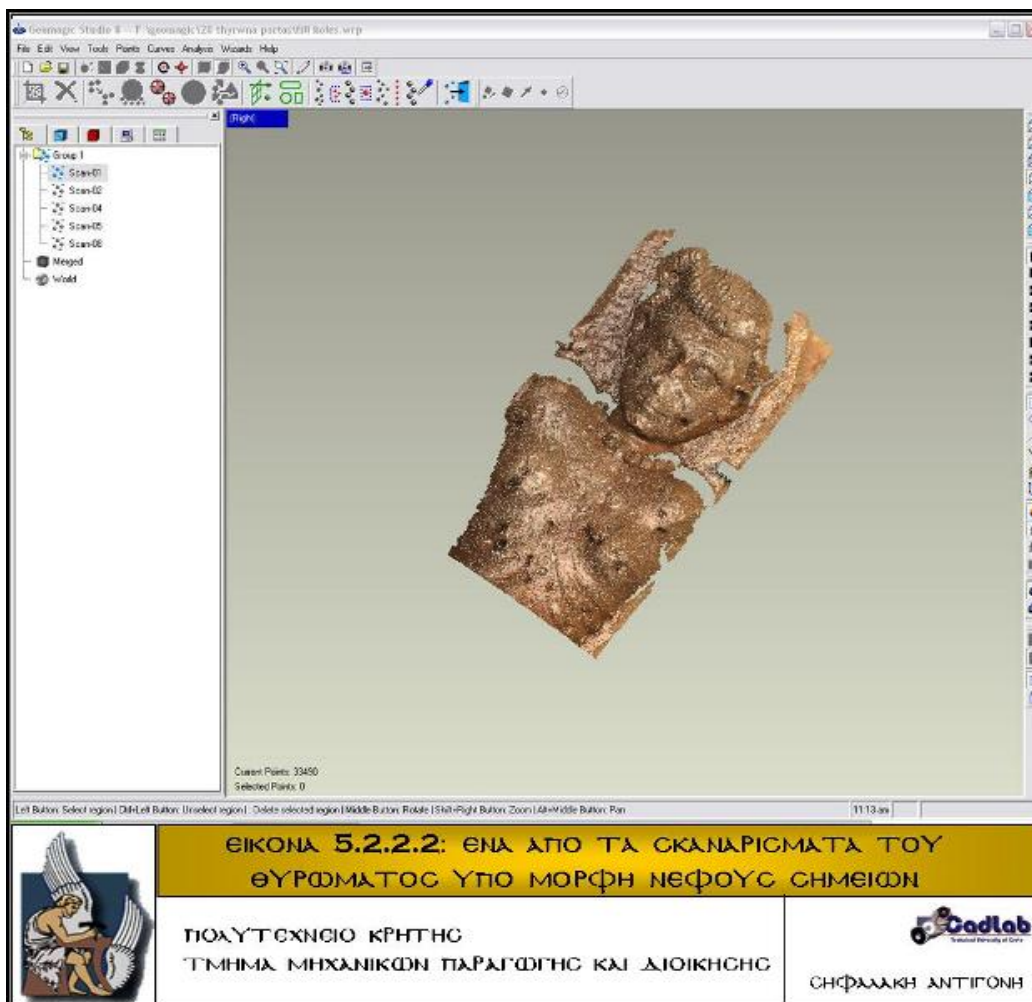
Τα δεδομένα που έχουν ληφθεί με τη βοήθεια του σαρωτή και έχουν εισαχθεί στο PET αποθηκεύονται σε μορφή που μπορεί να εισαχθεί στο Geomagic Studio.

Παρακάτω περιγράφεται η διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων για ένα από τα εκθέματα του μουσείου. Τα δεδομένα αυτά βρίσκονται αρχικά υπό μορφή κλειστών επιφανειών και πρέπει να μετατραπούν σε νέφη σημείων για να γίνει αποτελεσματικότερα η επεξεργασία τους στο πρόγραμμα. Αυτό γίνεται με την εντολή *edit face>point face*. Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής που ακολουθείται μέχρι την εξαγωγή του αρχείου \*.stl (εικόνα 5.2.2.1).



Η μορφή μίας από τις σαρώσεις του σκαναρισμένου μοντέλου αφού μετατραπεί σε νέφος σημείων παρουσιάζεται στην εικόνα 5.2.2.2.

Για τη δημιουργία του μοντέλου του θυρώματος πραγματοποιήθηκαν οχτώ σαρώσεις, αλλά χρησιμοποιήθηκαν οι πέντε από αυτές, καθώς κρίθηκε ότι είναι αρκετές.



Αρχικά πραγματοποιείται η *ταυτοποίηση / ευθυγράμμιση των σαρώσεων* (registration). Οι σαρώσεις γίνονται από διαφορετικές οπτικές γωνίες με αντικειμενικό σκοπό τη σάρωση όλων των επιφανειών του αντικειμένου και κυρίως των σημείων όπου παρουσιάζουν δύσκολη γεωμετρία και πολλές καμπύλες επιφάνειες. Χρησιμοποιείται η εντολή manual registration από τη γραμμή εργαλείων ή από τη γραμμή των menu (Tools→ Registration→ Manual Registration). Στην εντολή αυτή υπάρχει η επιλογή ταυτοποίησης με την επιλογή ενός σημείου σε κάθε επιφάνεια σάρωσης ή με την επιλογή πολλαπλών σημείων στις επιφάνειες αυτές. Στο παράθυρο του προγράμματος εμφανίζονται τρεις περιοχές. Στις πρώτες δύο, στο πάνω μέρος της οθόνης, παρουσιάζονται οι δύο σαρώσεις οι οποίες θα



ευθυγραμμιστούν και στο κάτω παράθυρο, τα συνολικά αποτελέσματα της ταυτοποίησης. Για ταυτοποίηση με επιλογή ενός σημείου, επιλέγεται στην περιοχή που προβάλλεται η πρώτη σάρωση (Fixed) ένα σημείο και στο παράθυρο που προβάλλεται η δεύτερη σάρωση (Floating), ένα σημείο αντίστοιχο - αν όχι ίδιο - του πρώτου. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι οι δύο σαρώσεις να βρίσκονται τοποθετημένες με τον ίδιο προσανατολισμό, ώστε οι αποκλίσεις από την ευθυγράμμιση να είναι ελάχιστες. Γενικά η επιλογή αυτή δεν έχει πολύ καλά αποτελέσματα και δε συνιστάται.

Στην περίπτωση της ταυτοποίησης με χρήση πολλαπλών σημείων η



διαδικασία είναι αντίστοιχη, μόνο που επιλέγονται περισσότερα από τρία σημεία σε κάθε σάρωση. Σε αυτή την περίπτωση δε χρειάζεται οι σαρώσεις που θα ευθυγραμμιστούν να έχουν τον ίδιο προσανατολισμό. Αυτή η μέθοδος απαιτεί περισσότερους χειροκίνητους χειρισμούς (εικόνα 5.2.2.3).

Επιπλέον παράμετροι που ρυθμίζονται είναι το *sampling* όπου ορίστηκε στο 50% (δηλαδή ο αριθμός των σημείων που θα προβάλλονται στην οθόνη ώστε να βελτιστοποιηθεί η ταχύτητα επεξεργασίας του προγράμματος) και η επιλογή *shaded points* (δηλαδή η μορφή της οπτικής απεικόνισης του αντικειμένου). Η γενική ιδέα ταυτοποίησης είναι: ευθυγράμμιση μιας σάρωσης με κάποια άλλη, μετά ευθυγράμμιση των δύο αυτών σαρώσεων με μια τρίτη κ.ο.κ. Βέβαια αυτό δεν αποτελεί κανόνα.

Μετά την ολοκλήρωση της ταυτοποίησης ακολουθεί η *συνολική ευθυγράμμιση (global registration)* του αντικειμένου. Αν και έχουν ευθυγραμμιστεί οι σαρώσεις, εξακολουθούν τις περισσότερες φορές, να υπάρχουν κάποιες αποκλίσεις, οι οποίες μπορούν να διορθωθούν με τη χρήση της λειτουργίας αυτής. Ουσιαστικά, με βάση συγκεκριμένους αλγόριθμους, υπολογίζονται οι αποστάσεις μεταξύ όλων των σαρώσεων και διορθώνονται τυχόν αποκλίσεις μετακινώντας τις σαρώσεις σε βέλτιστο σημείο. Οι αλγόριθμοι που περιέχονται και οι ρυθμίσεις που μπορούν να γίνουν, δίνουν τη δυνατότητα επίτευξης καλύτερων αποτελεσμάτων. Στο παράθυρο διαλόγου που αφορά αυτή την εντολή γίνονται κάποιες βασικές ρυθμίσεις σχετικά με την ευθυγράμμιση και την απεικόνιση του αντικειμένου. Οι προεπιλεγμένες ρυθμίσεις είναι τις περισσότερες φορές κατάλληλες να δώσουν καλά αποτελέσματα.

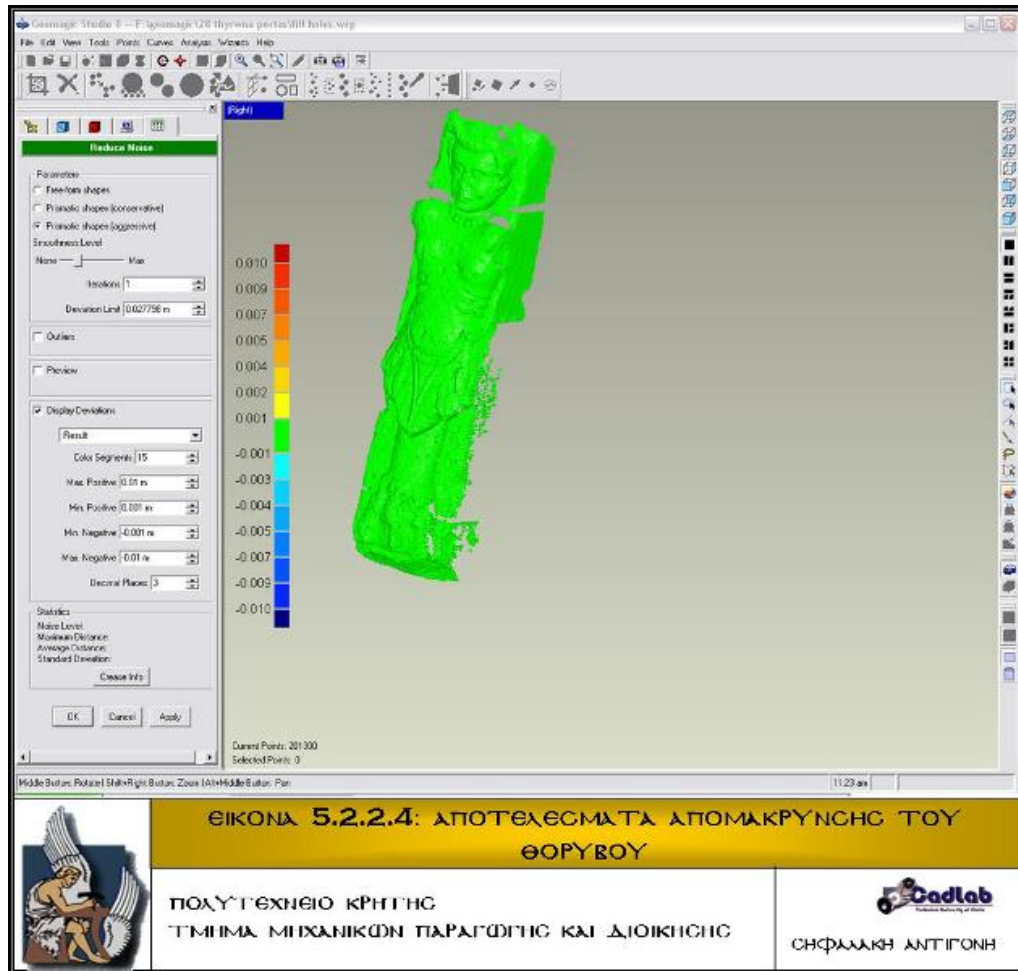
Αφού ολοκληρωθεί αυτή η διαδικασία, ο χρήστης έχει μία ολοκληρωμένη εικόνα του μοντέλου, το οποίο είναι αρκετά ανομοιογενές και με πολλά προβλήματα. Για αυτό το ακολουθεί περαιτέρω επεξεργασία του μέχρι να αποδοθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Με την εντολή *select disconnected* επιλέγονται αυτόματα τα σημεία που βρίσκονται μακριά από το κυρίως σώμα του θურώματος και διαγράφονται.

Μέσω της εντολής *select outliers* καθορίζεται η πραγματική περίμετρος του αντικειμένου.

Μέσω της διαδικασίας *μείωσης του θορύβου (reduce noise)* γίνεται η εξομάλυνση της μορφής του αντικειμένου. Στις παραμέτρους της εντολής επιλέγεται το *Prismatic Shapes (aggressive)*, που βοηθάει στη διατήρηση των αδρών χαρακτηριστικών όπως ακμές και κλειστές γωνίες. Στη μπάρα κύλισης ρύθμισης της ομαλότητας (*smoothness slider*) καθορίζεται η χαμηλότερη τιμή που δίνει αποδεκτά αποτελέσματα. Μετά το τέλος, παρουσιάζεται το μοντέλο με την εξομαλυμένη μορφή. Ο χρήστης μπορεί να αποφασίσει αν το αποτέλεσμα είναι αποδεκτό και αν όχι να

επαναλάβει τη διαδικασία μεταβάλλοντας τις παραμέτρους μείωσης του θορύβου (εικόνα 5.2.2.4)



Αφού πλέον το αντικείμενο έχει καθοριστεί και καθαριστεί από το θόρυβο, μπορεί να πραγματοποιηθεί η δημιουργία του πολυγωνικού πλέγματος και η συγχώνευσή του (*wrap* και *merge*). Πιο απλά αυτή η διαδικασία δημιουργεί από το οργανωμένο νέφος σημείων κλειστές επιφάνειες. Οι εντολές που επιλέγονται είναι *Points*→*Merge*, καθώς έτσι εκτελείται εκτός από συγχώνευση των σαρώσεων, και η πολυγωνοποίηση του αντικειμένου. Οι ρυθμίσεις που χρησιμοποιούνται είναι:

- Local Noise Reduction→ None
- Global Noise Reduction→ Auto
- Performance / Quality = 2
- Keep Original Data.

Το αποτέλεσμα της διαδικασίας παρουσιάζεται στην εικόνα 5.2.2.5



Επόμενο βήμα είναι η επεξεργασία του πολυγωνικού πλέγματος που έχει δημιουργηθεί, ώστε να αποκτήσει ικανοποιητική μορφή. Αυτό σημαίνει πως πρέπει να δημιουργηθεί μια κλειστή επιφάνεια στο σύνολό της και όχι απλά τμήματα κλειστών επιφανειών. Μία σειρά εντολών συνεισφέρουν στη διαδικασία αυτή:

Με την εντολή *Polygons*→ *Make Manifold*→ *Open* διαγράφονται όλα τα τρίγωνα τα οποία δεν ενώνονται με άλλα τρίγωνα σε όλες τις πλευρές τους. Επειδή τα τρίγωνα αυτά έχουν πολύ μικρό μέγεθος, δεν υπάρχουν εμφανή αποτελέσματα στην περιοχή επισκόπησης του μοντέλου.

Στη συνέχεια γίνεται ο καθαρισμός της τριγωνοποιημένης επιφάνειας, με την εντολή *Polygons*→ *Clean*. Εφαρμόζεται ένας αλγόριθμος ο οποίος βελτιώνει την τριγωνοποίηση της επιφάνειας, αλλάζοντας τον προσανατολισμό κάποιων τριγώνων, ομαλοποιώντας το τριγωνικό πλέγμα όπου χρειάζεται και αφαιρώντας βαθουλώματα

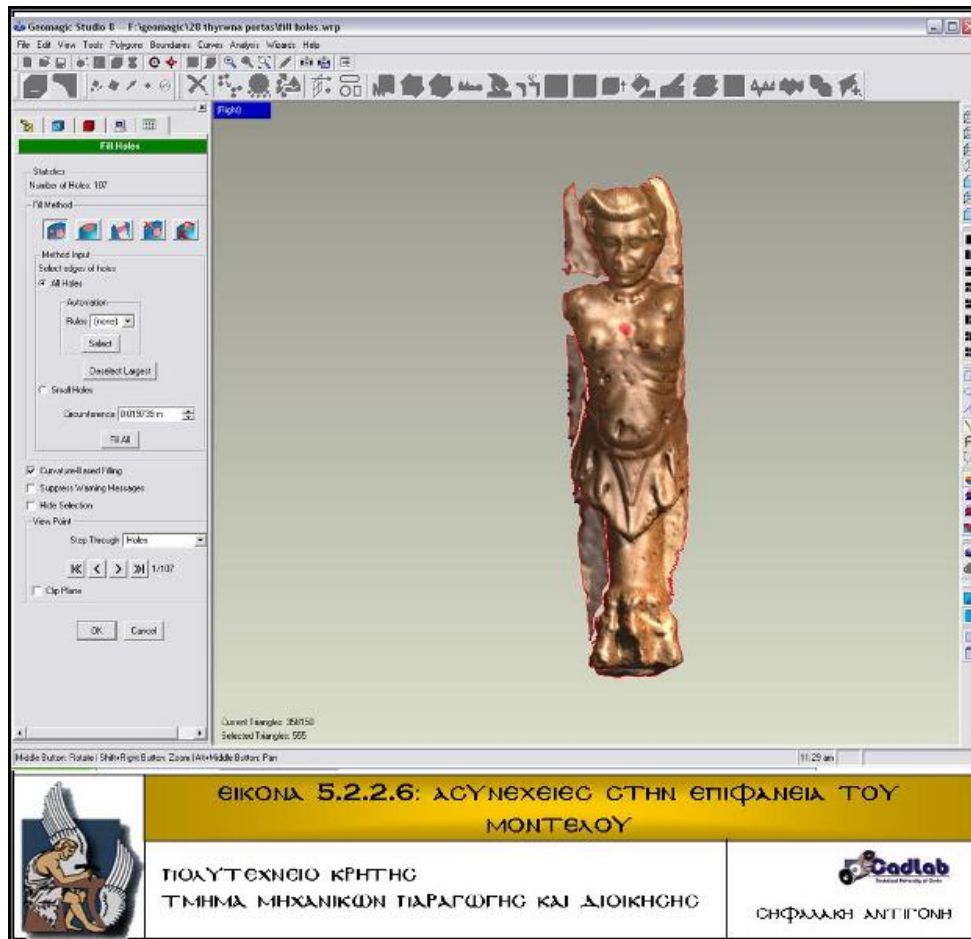
της επιφάνειας, αιχμές ή κοψίματα. Η εντολή αυτή δεν αλλάζει την τριγωντοποιημένη επιφάνεια, απλά βελτιώνει το ήδη υπάρχων τριγωνικό πλέγμα.

Ακόμα μια εντολή που βοηθά στην ομαλοποίηση του τριγωνικού πλέγματος και στην ελάττωση των ασυνεχειών είναι η εντολή *Remove spikes*. Κατά τη διάρκεια της τριγωνοποίησης του αντικειμένου κάποια τρίγωνα μπλέκονται, με αποτέλεσμα να εισάγεται το ένα μέσα στο άλλο και να προκαλούνται ασυνέχειες. Με την εντολή αυτή το φαινόμενο μειώνεται αισθητά.

Επόμενη βασική διαδικασία είναι το κλείσιμο των οπών – *Fill holes*, στην επιφάνεια του αντικειμένου και η διόρθωση των τυχών ασυνεχειών. Το αντικείμενο, εξαιτίας της πολυπλοκότητας της μορφής του παρουσιάζει κάποια κενά. Τα περισσότερα από αυτά συμπληρώθηκαν με χρήση της αυτόματης λειτουργίας του προγράμματος, με ικανοποιητικά αποτελέσματα. Οι μεγάλες οπές καθώς και ασυνέχειες που παρουσιάζονταν στα όρια του αντικειμένου πρέπει να διορθωθούν χειροκίνητα. Πιο αναλυτικά, για το κλείσιμο των οπών υπάρχουν οι εξής δυνατότητες:

- Κλείσιμο οπής αυτόματα
- Κλείσιμο οπής μεταξύ ορίων (μερικό γέμισμα). Εδώ ορίζεται η αρχή, το τέλος του ορίου και η επιφάνεια που θα γεμίσει.
- Δημιουργία γέφυρας μεταξύ δύο επιφανειών
- Διαγραφή τριγώνων – ασυνεχειών

Στις παραπάνω περιπτώσεις κλεισίματος οπών υπάρχει η δυνατότητα επιλογής για επίπεδο γέμισμα ή καμπύλο γέμισμα. Ανάλογα με την περίπτωση και την επιφάνεια εφαρμόζεται αυτό που επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα. Στην εικόνα 5.2.2.6 παρουσιάζονται τα σημεία ασυνέχειας του μοντέλου που πρέπει να διορθωθούν.



Η διαδικασία αυτή είναι αρκετά χρονοβόρα. Αφού ολοκληρωθεί γίνεται ένας έλεγχος σχετικά με το αν υπάρχουν τρίγωνα / πολύγωνα που βρίσκονται το ένα μέσα στο άλλο, δημιουργώντας έτσι προβλήματα στην επιφάνεια του αντικειμένου. Για αυτό το σκοπό χρησιμοποιείται η εντολή *Test Intersections*. Στα σημεία αυτά υπάρχουν ασυνέχειες και αν δεν διορθωθούν, το πρόγραμμα δεν μπορεί να θεωρήσει το αντικείμενό ως μια κλειστή επιφάνεια. Τα σημεία όπου υπάρχουν τέτοια τρίγωνα μαρκάρονται με κόκκινο χρώμα στο μοντέλο και πρέπει να διορθωθούν. Αυτό γίνεται είτε ακολουθώντας την προηγούμενη διαδικασία με το γέμισμα των οπών (διαγράφονται τα τρίγωνα που δημιουργούν πρόβλημα και γεμίζουμε πάλι την οπή), είτε με την αυτόματη εντολή *Fix Intersections*. Πρέπει να σημειωθεί ότι η εντολή *Fix Intersections*, ειδικά σε σημεία με δύσκολη γεωμετρία, μπορεί να έχει άσχημα αποτελέσματα. Ο καλύτερος τρόπος είναι με τη διαδικασία που περιγράφηκε προηγουμένως για τη διόρθωση ασυνεχειών.

Έπειτα από αυτές τις διαδικασίες και τη διόρθωση της επιφάνειας του αντικειμένου, η μπροστινή επιφάνεια έχει αποκτήσει την τελική της μορφή και μένει να τελειοποιηθεί το πίσω μέρος του μοντέλου. Αυτό γίνεται με την εντολή *exωθησης*

*των ορίων - extrude boundary*. Από το χρήστη καθορίζεται το βάθος εξώθησης και η πολυγωνική διακριτοποίηση επεκτείνεται ώστε να καλύψει όλη την επιφάνεια που έχει πλέον δημιουργηθεί.

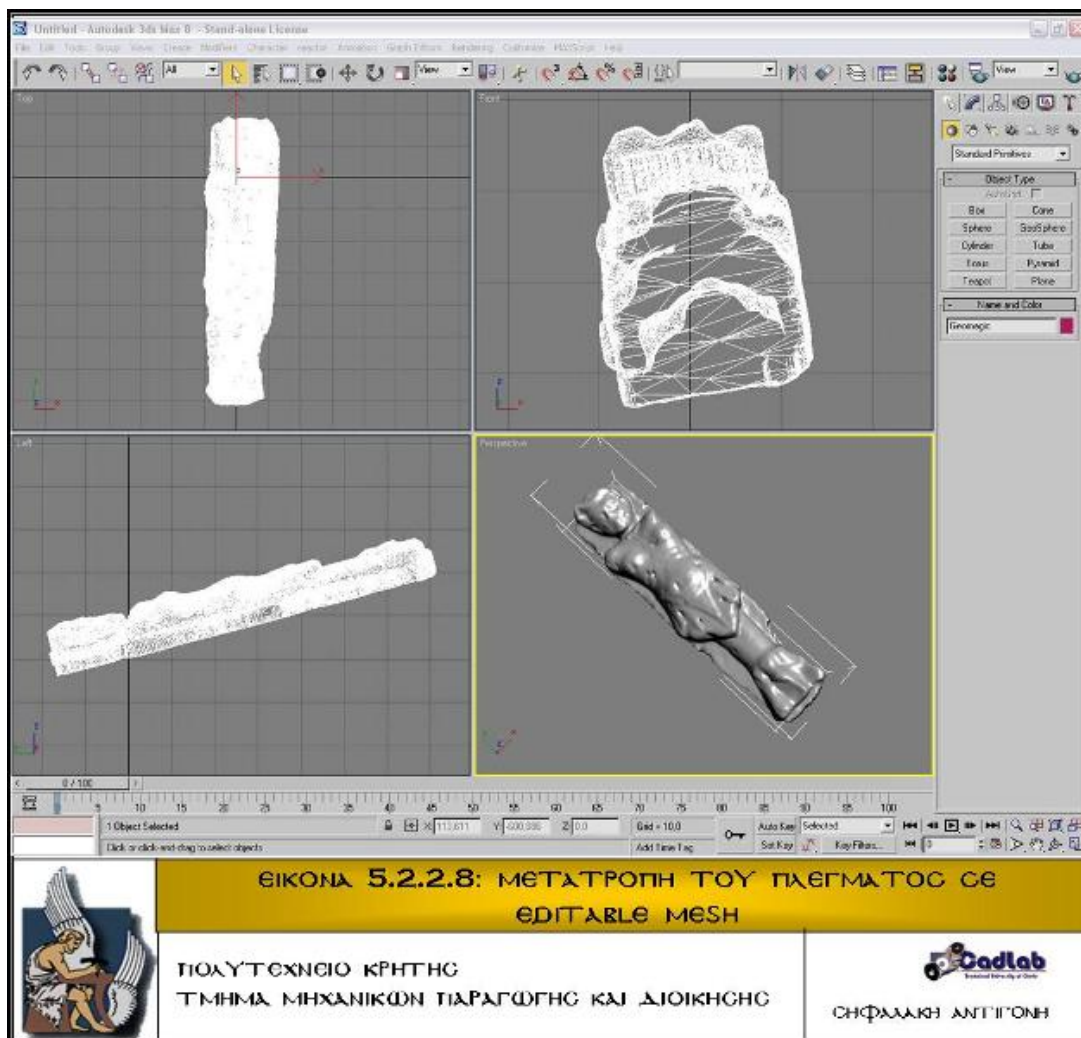
Το μοντέλο είναι έτοιμο (εικόνα 5.2.2.7), χωρίς οπές και ασυνέχειες και μπορεί να εξαχθεί στην επιθυμητή μορφή, binary \*.stl.



Το μοντέλο αυτό θα υποστεί περαιτέρω επεξεργασία στο 3D SOM, με στόχο να βελτιστοποιηθεί η μορφή του. Το λογισμικό αυτό μπορεί να διαχειριστεί μέχρι 65.000 πολύγωνα, ενώ το μοντέλο την παρούσα στιγμή αποτελείται από 532.784 πολύγωνα. Η μείωση επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας την εντολή *Decimate polygons*. Το τελικό μοντέλο, όπως είναι ευνόητο, θα υστερεί σε λεπτομέρεια συγκριτικά με το αρχικό, αλλά αυτό δεν έχει σημασία στη συγκεκριμένη περίπτωση, καθώς η υφή θα τελειοποιηθεί στο 3D SOM.



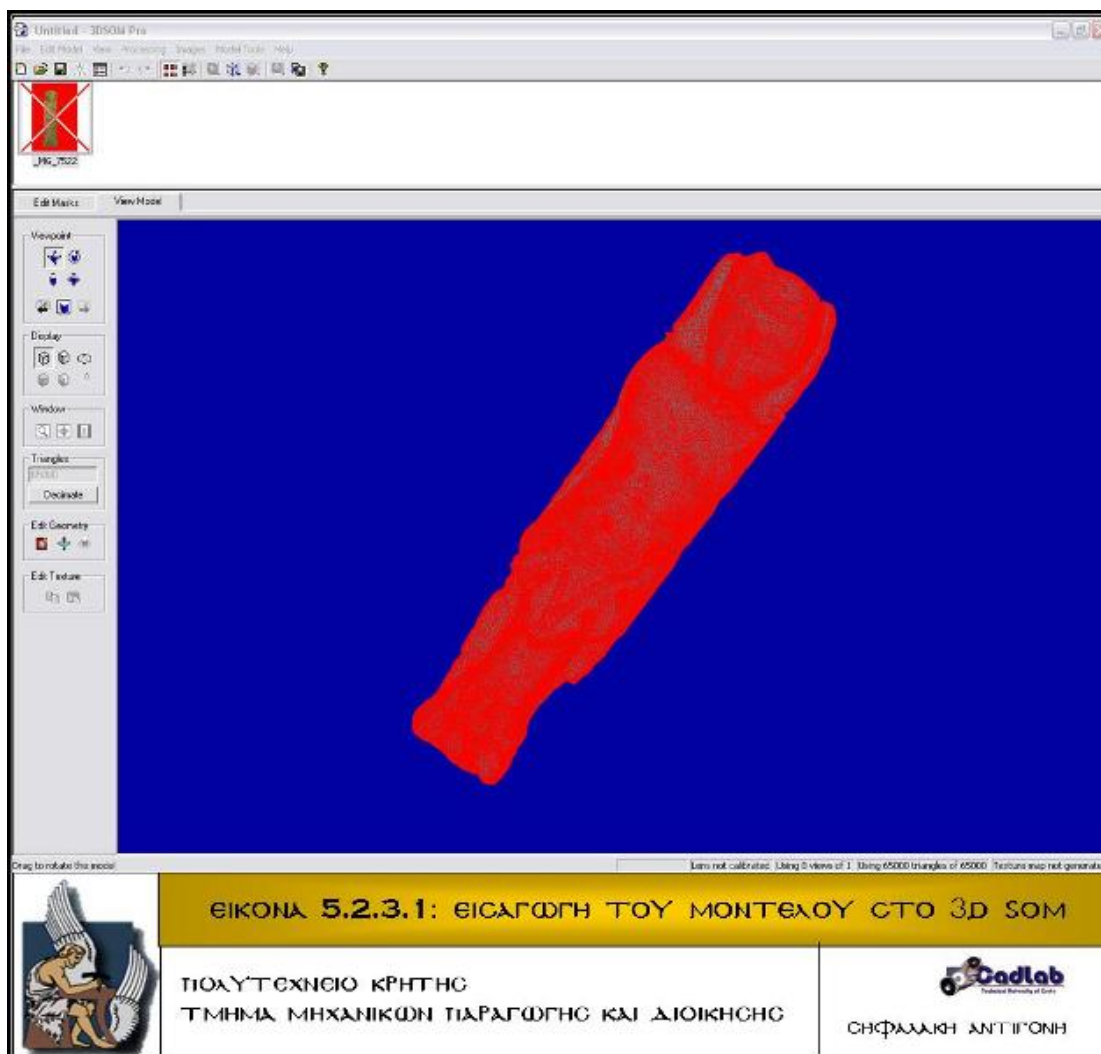
Πριν την εισαγωγή του μοντέλου στο 3D SOM είναι απαραίτητη μία τελευταία μετατροπή στη μορφή των δεδομένων, ώστε να μπορεί να γίνει σε αυτά περαιτέρω επεξεργασία. Το μοντέλο εισάγεται στο πρόγραμμα 3D studio, όπου με την εντολή *convert to editable mesh* δίνεται η δυνατότητα μορφοποίησης στο πλέγμα των πολυγώνων (εικόνα 5.2.2.8). Το αρχείο αποθηκεύεται σε μορφή 3ds.



### 5.2.3 Επεξεργασία του μοντέλου στο 3D SOM

Το 3D SOM είναι ένα λογισμικό το οποίο μπορεί να εκτελέσει συνολικά τη διαδικασία της τρισδιάστατης ψηφιοποίησης, μέσω μίας διαδικασίας φωτογράφισης του αντικείμενου. Επειδή τα αποτελέσματα δεν είναι ικανοποιητικά, κρίθηκε απαραίτητο να γίνει συνδυασμός των δύο λογισμικών, ώστε το αποτέλεσμα να είναι το επιθυμητό. Στο 3D SOM πραγματοποιείται η απόδοση υψής στο τρισδιάστατο αντικείμενο που δημιουργήθηκε με τη διαδικασία που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο.

Αρχικά εισάγεται το αρχείο 3ds που έχει δημιουργηθεί (εικόνα 5.2.3.1) αλλά και οι φωτογραφίες που θα χρησιμοποιηθούν για την απόδοση της υφής του αντικειμένου



Όσον αφορά τις φωτογραφίες που θα χρησιμοποιηθούν για την απόδοση της υφής, πρέπει να πραγματοποιηθεί ο εντοπισμός φόντου για κάθε μία από αυτές. Ο εντοπισμός φόντου αναφέρεται στη διαδικασία οριοθέτησης του φόντου γύρω από το αντικείμενο, έτσι ώστε το 3DSOM Pro να μπορεί να αναγνωρίσει το αντικείμενο μέσα στις εικόνες.

Για τον αυτόματο εντοπισμό φόντου όλων των εικόνων, επιλέγεται η εντολή *Mask all images...*

Εάν σε κάποιες εικόνες έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία εντοπισμού, με την επιλογή *Unselect* η συγκεκριμένη εικόνα δεν θα επηρεαστεί από νέες καταχωρήσεις.

Μέσω της εντολής *Use colour normalisation* θα αντισταθμιστούν πιθανές σκιάσεις ή άλλες μικρές παραλλαγές του φωτισμού στο σκηνικό έτσι ώστε να μην ληφθούν υπόψη κατά τη τρισδιάστατη μοντελοποίηση του αντικειμένου.

Ο τομέας *Background detection threshold* επιτρέπει την αλλαγή του κατώτατου ορίου κατωφλίου που χρησιμοποιείται για να χωρίσει το πρώτο πλάνο από το φόντο.

Επιλέγοντας την εντολή *Next>* θα ξεκινήσει η διαδικασία εντοπισμού φόντου. Κατά τον εντοπισμό φόντου των φωτογραφιών, είναι δυνατή η παρατήρηση και ο έλεγχος της διαδικασίας για κάθε μία από τις εικόνες που βρίσκεται στο παράθυρο μικρογραφιών.

Στο στάδιο αυτό γίνεται λεπτομερής έλεγχος της παραπάνω διαδικασίας φορτώνοντας κάθε μία εικόνα που χρησιμοποιήθηκε στο παράθυρο εντοπισμού φόντου. Είναι σημαντικό να μην καλύπτονται τμήματα του αντικειμένου σε οποιαδήποτε από τις φωτογραφίες, ώστε να μην αλλοιωθούν αυτά αργότερα κατά τη δημιουργία της γεωμετρίας του. Εάν δεν έχουν καλυφθεί κάποια από τα σημεία του φόντου του αντικειμένου, είναι λιγότερο ανησυχητικό αφού το 3DSOM Pro έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιεί πληροφορίες από άλλες εικόνες για να καθορίσει τη μορφή του.

Ο αυτόματος εντοπισμός φόντου απαιτεί καλή αντίθεση μεταξύ του φόντου και του αντικειμένου. Ο φωτισμός μπορεί επίσης να έχει επιπτώσεις στα αποτελέσματα της παραπάνω διαδικασίας.

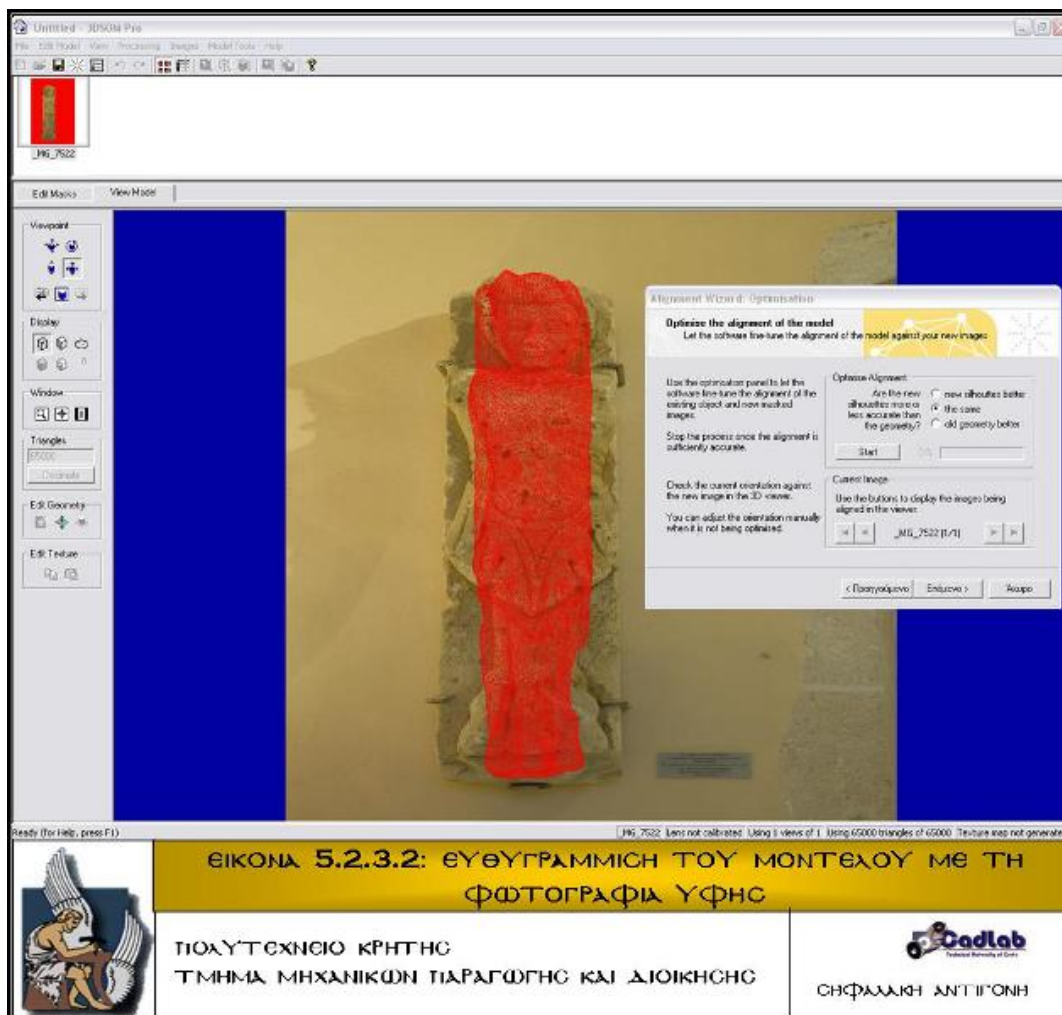
Εάν ο εντοπισμός φόντου που θα προκύψει μετά το τέλος της διαδικασίας δεν είναι ο καλύτερος δυνατός, επιλέγοντας την εντολή *Back*, είναι δυνατή η αλλαγή των αντίστοιχων παραμέτρων για την βελτίωση του τελικού αποτελέσματος.

Εάν οι περιοχές του φόντου δεν καλύπτονται, θα πρέπει να αυξηθεί ο αριθμός στο κατώφλι ανίχνευσης φόντου. Εάν ωστόσο καλύπτονται περιοχές του αντικειμένου, τότε ο αριθμός αυτός θα πρέπει να μειωθεί.

## 5. Το εικονικό μουσείο San Salvatore

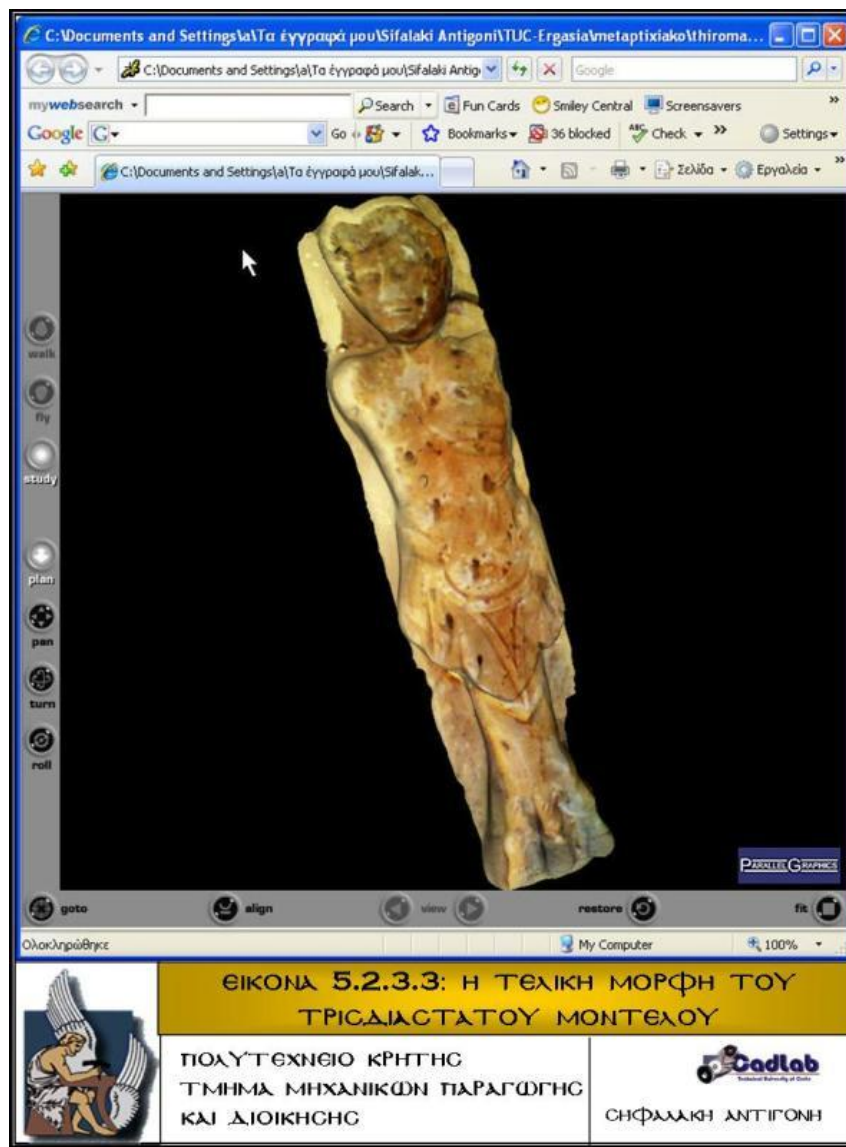
Όταν επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα, το παράθυρο διαλόγου *Mask Wizard* θα κλείσει επιλέγοντας την εντολή τερματισμού.

Όλα είναι πλέον έτοιμα για την πραγματοποίηση της τελευταίας διαδικασίας, που είναι η ευθυγράμμιση του μοντέλου με τη φωτογραφία υψής (εικόνα 5.2.3.2)



Το τρισδιάστατο αντικείμενο έχει αποκτήσει την τελική του μορφή και εξάγεται σε μορφή nrmf ώστε να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές προβολής στο διαδίκτυο. (εικόνα 5.2.3.3)

Με τον ίδιο τρόπο δημιουργούνται και τα άλλα τρισδιάστατα μοντέλα εκθεμάτων του μουσείου.



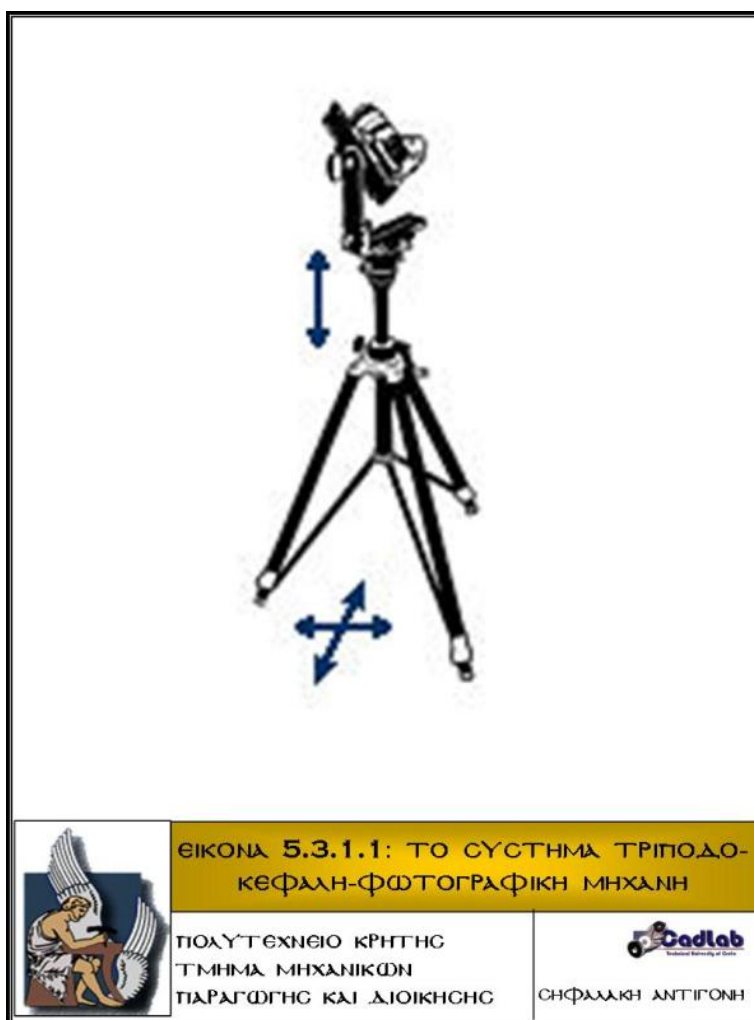
### 5.3 Η ψηφιοποίηση του χώρου του μουσείου με τη μέθοδο του πανοράματος

#### 5.3.1 Η φωτογράφιση

Το πρώτο βήμα για την ψηφιοποίηση του μουσείου ήταν η φωτογράφιση του χώρου αλλά και των εκθεμάτων. Το μουσείο αποτελείται από τέσσερις χώρους. Τρεις από αυτούς παρουσιάζουν διάφορα εκθέματα, ενώ ένας ακόμη χρησιμοποιείται ως χώρος υποδοχής των επισκεπτών. Για κάθε ένα από αυτούς, αλλά και για τον προαύλιο χώρο δημιουργήθηκε ένα πανόραμα.

Αρχικά στήθηκε το τρίποδο με την πανοραμική κεφαλή. Δόθηκε προσοχή ώστε να βρίσκεται περίπου στο μέσο του χώρου που θα φωτογραφιζόταν κάθε φορά και σε κατάλληλο ύψος, έτσι ώστε οι φωτογραφίες που λαμβάνονται περιστρέφοντας τη φωτογραφική μηχανή να μπορούν να συρραφτούν με επιτυχία. Η φωτογραφική μηχανή με τον ευρυγώνιο φακό προσαρμόστηκε πάνω στην κεφαλή, με τέτοιο τρόπο ώστε ο φακός να βρίσκεται σε θέση παράλληλη με το έδαφος.

Πριν ξεκινήσει η ροή της φωτογράφισης έγιναν οι απαραίτητες ρυθμίσεις, σχετικές με το φωτισμό αλλά και με το πανόραμα που θα δημιουργηθεί. Καθορίστηκε η ταχύτητα του διαφράγματος και η φωτεινότητα, ενώ πραγματοποιήθηκε και η διαδικασία εξισορρόπησης του λευκού. Οι παράμετροι αυτές είναι απαραίτητο να επαναπροσδιορίζονται κάθε φορά που γίνεται φωτογράφιση σε διαφορετικό χώρο, ώστε να εξασφαλίζεται ότι δε θα αλλοιωθούν τα χρώματα σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες.





Επίσης, βρέθηκε το κομβικό σημείο του φακού, με τη βοήθεια της διαδικασίας που περιγράφηκε αναλυτικά σε προηγούμενο κεφάλαιο. Αυτό αποτελεί και ένα από τα βασικότερα βήματα για την επίτευξη των επιθυμητών αποτελεσμάτων, καθώς σε περίπτωση που η ρύθμιση δεν είναι σωστή, θα παρουσιάζεται στις φωτογραφίες το φαινόμενο της παράλλαξης. Το κομβικό σημείο δε μεταβάλλεται όταν μετακινείται το σύστημα τρίποδο-πανοραμική κεφαλή-φωτογραφική μηχανή σαν σύνολο, αρκεί να μην αλλάξει ο εξοπλισμός.



Η φορά της φωτογράφισης είναι συγκεκριμένη και εξαρτάται από το λογισμικό που χρησιμοποιείται. Για το Panoweaver η φορά που τηρείται είναι η ωρολογιακή. Μετά την τέταρτη φωτογραφία λαμβάνονται και οι φωτογραφίες οροφής και δαπέδου. Η πρώτη με τη φωτογραφική μηχανή στραμμένη κατακόρυφα προς τα πάνω και η δεύτερη με φορά κατακόρυφα προς τα κάτω



Πραγματοποιήθηκαν τρεις δοκιμαστικές φωτογραφίες: μία με βήμα περιστροφής της φωτογραφικής μηχανής 180 μοίρες, μία με βήμα 90 μοίρες και μία με βήμα 60 μοίρες. Στην πρώτη περίπτωση χρειάζονται δύο περιφερειακές φωτογραφίες για τη δημιουργία του πανοράματος, στη δεύτερη τέσσερις και στην τρίτη έξι. Μετά από επισκόπηση των αποτελεσμάτων, κρίθηκε καταλληλότερη για την περίπτωση του μουσείου η λήψη των φωτογραφιών ανά 90 μοίρες. Στην πρώτη περίπτωση δεν υπήρχε αρκετά μεγάλη περιοχή αλληλοεπικάλυψης ανάμεσα στις δύο φωτογραφίες και έτσι δεν μπορούσαν να βρεθούν κοινά σημεία. Στη δεύτερη περίπτωση το αποτέλεσμα ήταν πολύ καλό και στην τρίτη επίσης. Αφού λοιπόν μπορούσε να επιτευχθεί η ίδια ποιότητα πανοράματος για τις δύο αυτές περιπτώσεις, ήταν περιττό να ληφθούν παραπάνω φωτογραφίες. Εκτός από τις τέσσερις περιφερειακές φωτογραφίες λήφθηκαν δύο επιπλέον: μία για την οροφή και μία για το δάπεδο.

Η φωτογράφιση ξεκίνησε και πραγματοποιήθηκε με προσοχή για όλους τους χώρους του μουσείου. Η μορφή των φωτογραφιών που λήφθηκαν φαίνεται στο σχήμα.

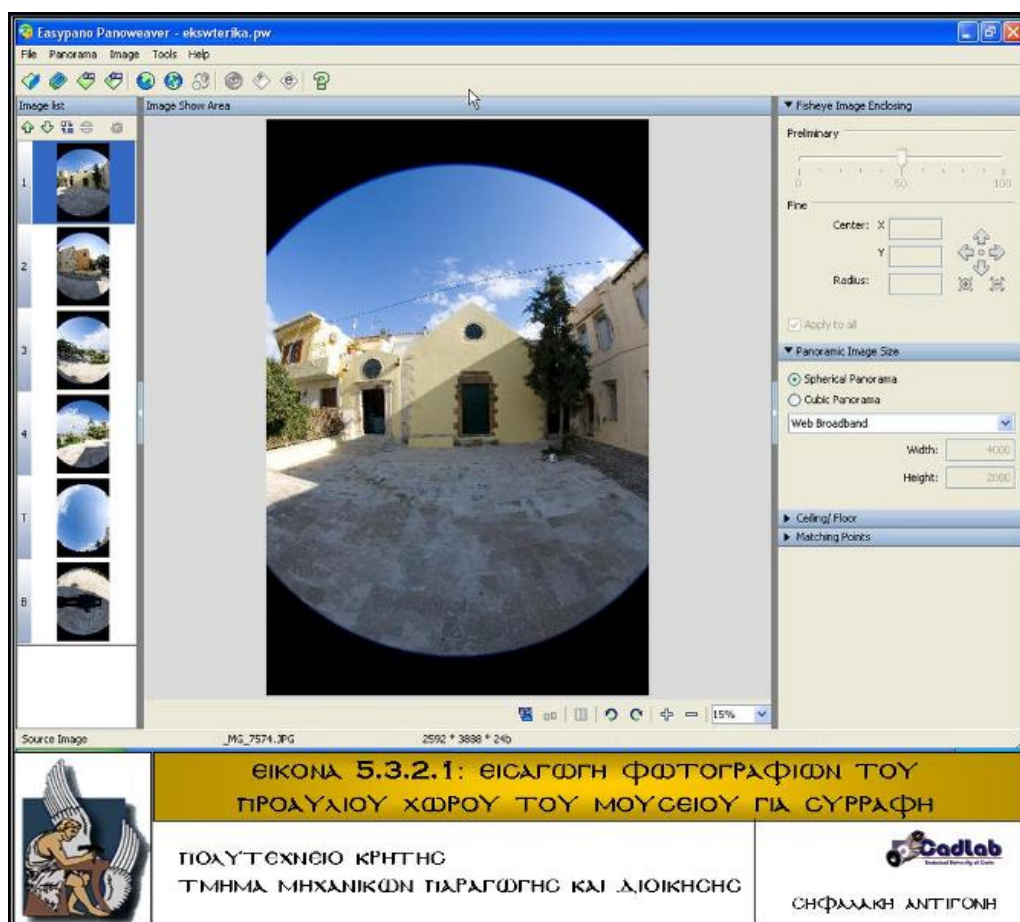
Μετά την ολοκλήρωση της λήψης φωτογραφιών με τον ευρυγώνιο φακό, αυτός αντικαταστάθηκε με ένα κοινό φακό 35mm για τη φωτογράφιση των κυριότερων εκθεμάτων του μουσείου. Τα εκθέματα αυτά θα παρουσιαστούν με μεγαλύτερη λεπτομέρεια στην περιήγηση.

Επίσης, από το μουσείο παραχωρήθηκαν κάποια εκθέματα, ώστε να φωτογραφηθούν σε ελεγχόμενο περιβάλλον, με στόχο να δημιουργηθούν τα τρισδιάστατα μοντέλα τους. Όπως είναι κατανοητό, η απομάκρυνση εκθεμάτων από το μουσείο, δεν είναι κάτι εύκολο. Επιπλέον, η λεπτομερής φωτογράφησή τους, τηρώντας όλες τις συνθήκες που είναι απαραίτητες για τη δημιουργία του μοντέλου, δεν είναι δυνατή μέσα στο χώρο του μουσείου. Για αυτό το λόγο δημιουργήθηκαν λίγα μόνο δείγματα τρισδιάστατων αντικειμένων.

### **5.3.2 Η δημιουργία του πανοράματος στο Panoweaver**

Οι φωτογραφίες εισάγονται στο πρόγραμμα ανά εξάδες. Από κάθε εξάδα δημιουργείται το πανόραμα ενός χώρου του μουσείου.

Κατά την εισαγωγή των φωτογραφιών ορίζεται ότι θα δημιουργηθεί ένα

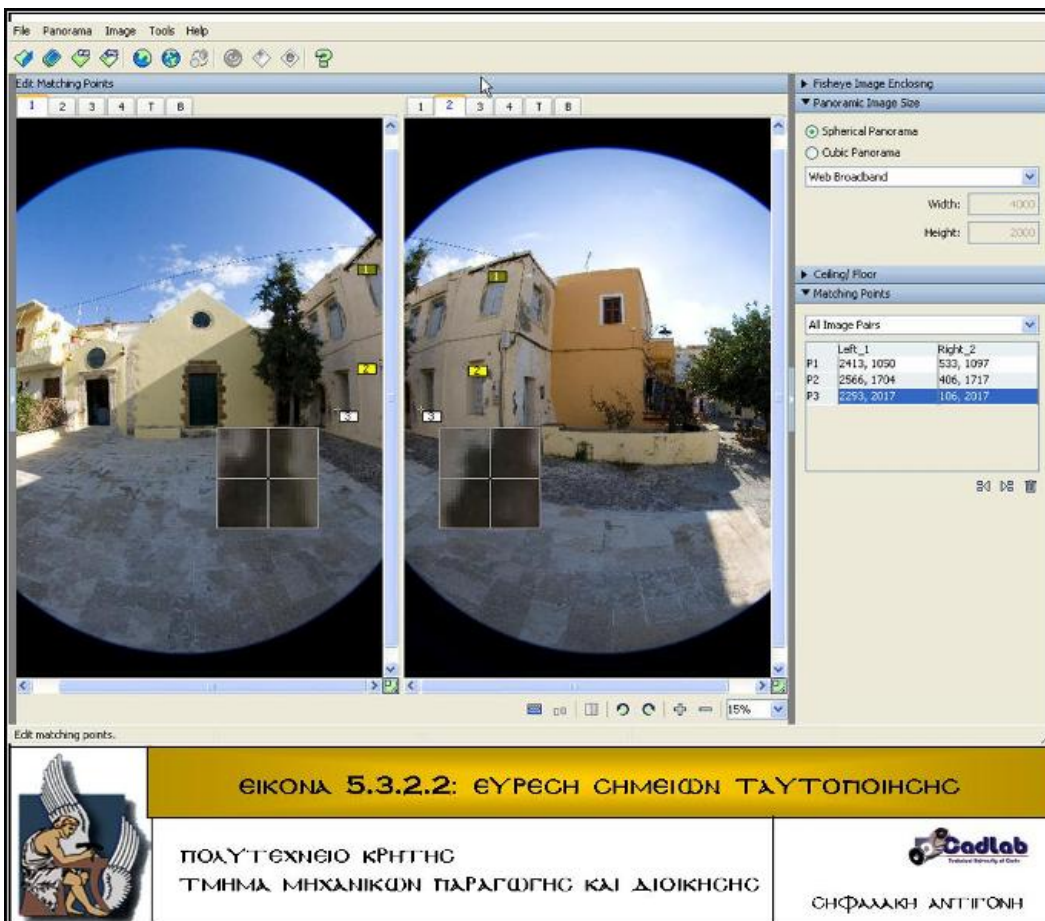


πλήρες πανόραμα από τέσσερις πανοραμικές φωτογραφίες περιφερειακά συν τις φωτογραφίες οροφής και δαπέδου (full frame image 4+T+B). Αφού επιλεγεί η πρώτη και δεδομένου ότι η φωτογράφιση έχει γίνει με τη σωστή σειρά, επιλέγονται αυτόματα οι υπόλοιπες και τοποθετούνται στη λίστα φωτογραφιών.

Η επιλεγμένη φωτογραφία προβάλλεται στην περιοχή εμφάνισης των φωτογραφιών. Με βάση αυτή καθορίζεται το περίβλημα των φωτογραφιών. Ρυθμίζεται η θέση και η ακτίνα του περιβλήματος ώστε να περικλείει σωστά όλη τη φωτογραφία. Η ρύθμιση που εφαρμόζεται σε μία φωτογραφία είναι κατάλληλη για όλες, καθώς η λήψη τους έχει γίνει με τον ίδιο εξοπλισμό.

Ορίζεται επίσης το είδος και το μέγεθος του πανοράματος που θα δημιουργηθεί. Αυτό είναι απαραίτητο, διότι ανάλογα με το είδος, το πρόγραμμα θα χρησιμοποιήσει διαφορετική μέθοδο για την κατασκευή του πανοράματος. Εδώ το πανόραμα είναι σφαιρικό και οι διαστάσεις του θα είναι 4000\*2000 pixel.

Στο επόμενο στάδιο γίνεται μια δοκιμαστική συρραφή. Η συρραφή αυτή θα δημιουργήσει ένα πανόραμα χαμηλής ποιότητας, που σκοπό έχει να βοηθήσει το χρήστη να δει τι προβλήματα προκύπτουν κατά τη συρραφή και αν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν επιπλέον σημεία ταυτοποίησης. Αν το αποτέλεσμα είναι το επιθυμητό, τότε μπορεί να προχωρήσει στην κανονική συρραφή, που θα διαρκέσει αρκετά περισσότερο χρόνο. Αν δεν είναι, θα πρέπει να προβεί στις απαραίτητες ενέργειες ώστε να το διορθώσει. Συνήθως, σε αυτό το στάδιο έχουν ήδη διορθωθεί τα θέματα ποιότητας των φωτογραφιών, είτε μέσω του ίδιου του προγράμματος, με τη μέθοδο που έχει περιγραφεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, είτε με την επεξεργασία των φωτογραφιών σε κάποιο πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνας. Επομένως, το κυριότερο πρόβλημα που μπορεί να προκύψει είναι η αδυναμία του προγράμματος να βρει σημεία ταυτοποίησης. Σε αυτή την περίπτωση τη διαδικασία θα πραγματοποιήσει ο χρήστης, μέσω της λειτουργίας μορφοποίησης σημείων ταυτοποίησης (edit matching points).



Οι φωτογραφίες προβάλλονται ανά ζεύγη ώστε να είναι δυνατή η επισκόπηση και μέσω της σύγκρισης να βρεθούν τουλάχιστον τρία σημεία ταυτοποίησης για κάθε ζεύγος φωτογραφιών. Στην περίπτωση του μουσείου η εύρεση των σημείων ταυτοποίησης έγινε από το χρήστη και όχι με αυτόματο τρόπο από το πρόγραμμα, καθώς υπήρχαν πολλές περιοχές που δεν είχαν αρκετά ευδιάκριτες λεπτομέρειες ώστε να μπορούν να εντοπιστούν από το λογισμικό (π.χ. οι τοίχοι του μουσείου, το δάπεδο, ο ουρανός στον εξωτερικό χώρο). Αφού βρεθούν τα απαραίτητα σημεία, πραγματοποιείται μία ακόμη δοκιμαστική συρραφή και αυτή η διαδικασία συνεχίζεται έως ότου να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Τότε γίνεται η συρραφή του πανοράματος.

Στη φωτογραφία του δαπέδου καταλαμβάνει ένα σημαντικό μέρος η πανοραμική κεφαλή. Για να μην είναι εμφανής, καλύπτεται με ένα λογότυπο που έχει δημιουργηθεί για αυτό το σκοπό. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην εικόνα 5.3.2.3



Το πανόραμα είναι έτοιμο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία μίας εικονικής περιήγησης στο Tourweaver 3.00.

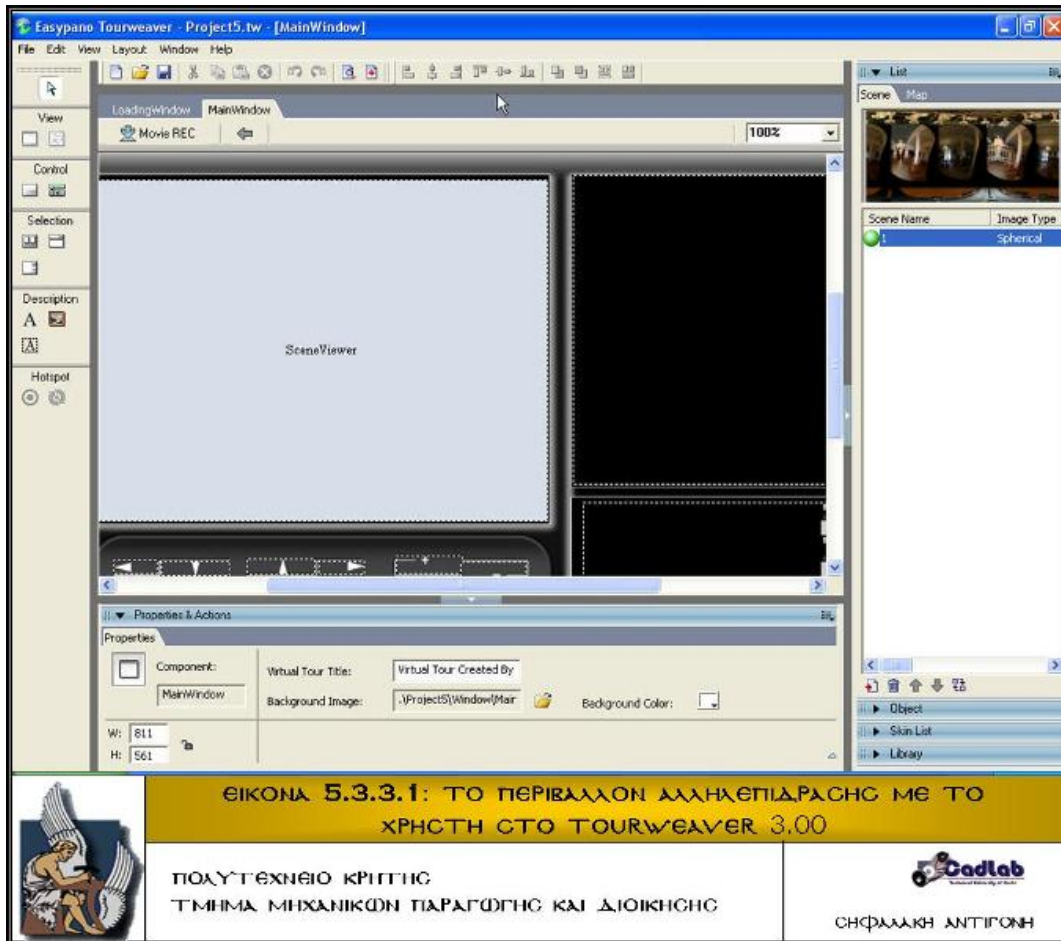
### 5.3.3 Η δημιουργία της περιήγησης

Η εικονική περιήγηση στο μουσείο San Salvatore δημιουργείται με το Tourweaver 3.00. Τα αρχεία που δημιουργούνται είναι τύπου *Flash* και *Java*, με



πολλαπλές σφαιρικές ή κυλινδρικές φωτογραφίες. Με τη βοήθεια των λειτουργιών του προγράμματος, όπως αυτές του χάρτη, του ήχου κ.λ.π. ο χρήστης μπορεί να βιώσει μία εξαιρετική εμπειρία εμβύθισης, νιώθοντας ότι βρίσκεται μέσα στο χώρο στον οποίο γίνεται η περιήγηση.

### Το κύριο παράθυρο αλληλεπίδρασης



Το κύριο παράθυρο αλληλεπίδρασης του προγράμματος περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία: γραμμή τίτλου, γραμμή των μενού, γραμμή εργαλείων, εργαλειοθήκη, σκηνή και πάνελ.

Η γραμμή εργαλείων αποτελείται από την κύρια γραμμή εργαλείων και τη γραμμή εργαλείων διάταξης. Η κύρια γραμμή εργαλείων περιλαμβάνει τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται συχνά, όπως για παράδειγμα αντιγραφή, επικόλληση κ.τ.λ. και είναι κοινά στα περισσότερα προγράμματα που λειτουργούν σε περιβάλλον windows. Η γραμμή εργαλείων διάταξης περιλαμβάνει όλα τα εργαλεία διάταξης των αντικειμένων, συν του εργαλείου της ομαδοποίησης και της ευθυγράμμισης. Βρίσκονται στο ανώτερο τμήμα του παραθύρου.

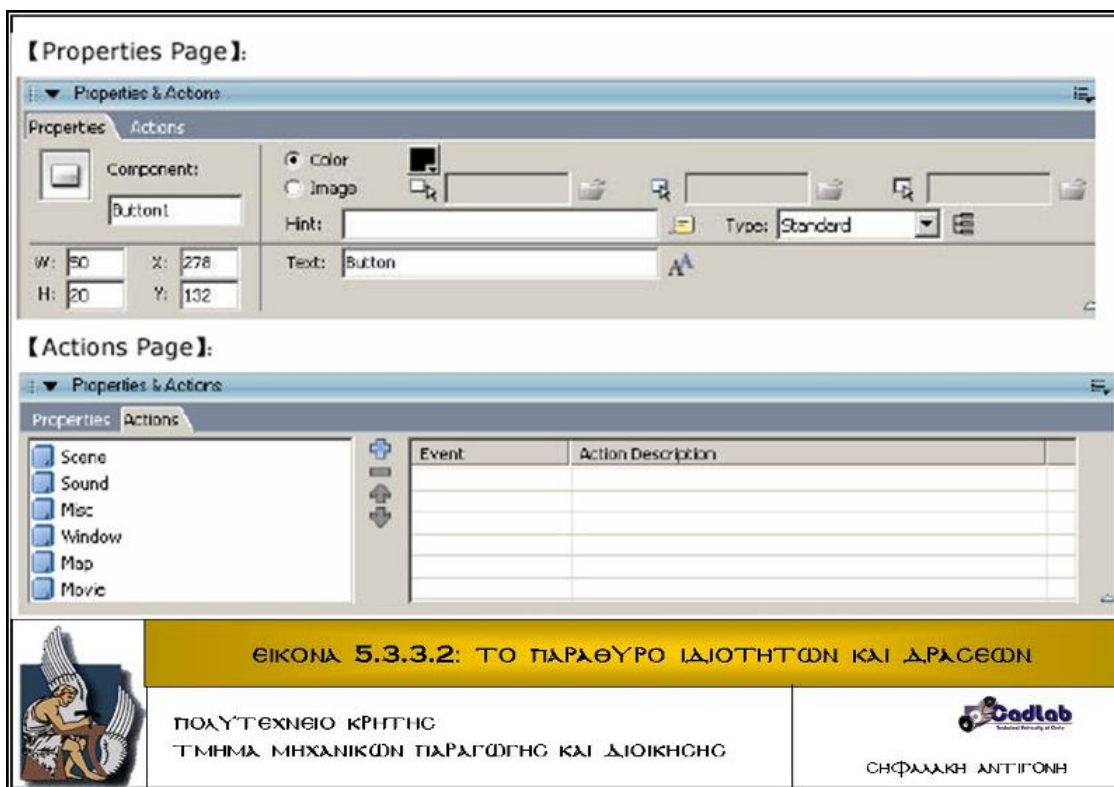
Η *εργαλειοθήκη* περιλαμβάνει όλα τα εργαλεία που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα για τη διαμόρφωση του περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης της περιήγησης.

Η *σκηνή* είναι ο χώρος στον οποίο γίνεται η μορφοποίηση των περιηγήσεων. Περιλαμβάνει το κύριο παράθυρο και το παράθυρο φόρτωσης. Βρίσκεται στην κεντρική περιοχή του παραθύρου. Μπορεί να είναι στην κατάσταση *skin editing* (μορφοποίηση της υφής) ή *movie rec* (διαμόρφωση της προβολής της περιήγησης)

Το *πάνελ* παρουσιάζει τις ιδιότητες και τις δράσεις των επιλεγμένων αντικειμένων. Υπάρχουν δύο σελίδες σε αυτό: οι *ιδιότητες* (properties) και οι *δράσεις* (actions). Η σελίδα δράσεων εμφανίζεται μόνο στην περίπτωση αντικειμένων στα οποία μπορούν να εφαρμοστούν δράσεις. Οι κατηγορίες τους είναι οι εξής: Δράσεις για τη σκηνή, για τον ήχο, για το παράθυρο, για την ποιότητα της εικόνας, για το χάρτη, για την προβολή και ειδικές δράσεις.

Στη δεξιά πλευρά της σελίδας δράσεων υπάρχει ο κατάλογος γεγονότων, που παραθέτει όλες τις δράσεις που έχουν εφαρμοστεί σε ένα αντικείμενο.

Στη δεξιά πλευρά του κύριου παραθύρου εργασιών βρίσκεται το *πάνελ* με τον κατάλογο των σκηνών και των χαρτών της εργασίας. Στην περιοχή των σκηνών προσθαφαιρούνται οι σκηνές που θα χρησιμοποιηθούν και ορίζεται το είδος κάθε μίας από αυτές (π.χ. σφαιρική, κυλινδρική κ.λ.π.).





Στην περιοχή των χαρτών γίνεται η διαχείριση των χαρτών που χρησιμοποιούνται στην εργασία.

Σε αυτή την πλευρά του παραθύρου βρίσκονται επίσης οι κατάλογοι *skin list*-περιλαμβάνει διάφορα skins που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, *object* – παραθέτει όλα τα αντικείμενα που χρησιμοποιούνται σε κάθε τμήμα της εργασίας και *library* – είναι η βιβλιοθήκη των εικόνων, των ήχων και των αντικειμένων που χρησιμοποιούνται.

### Τα στάδια δημιουργίας της περιήγησης

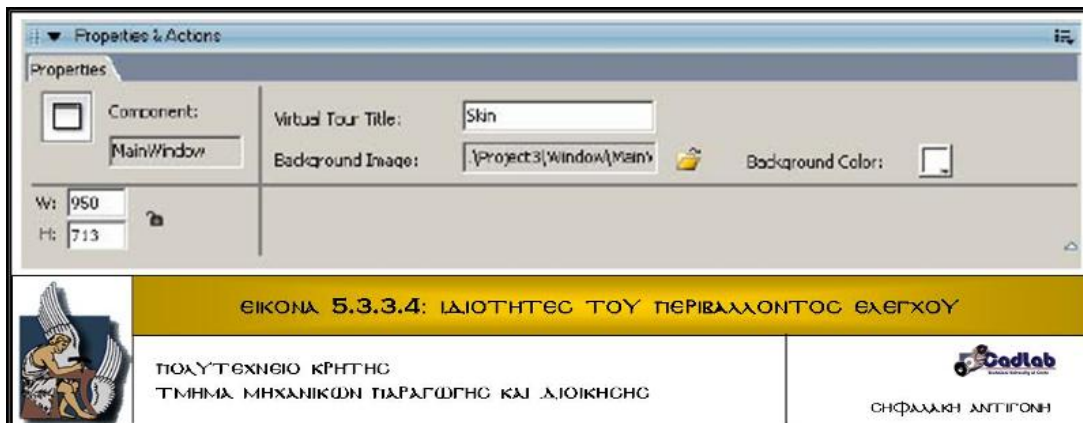
Η πρώτη ενέργεια που πραγματοποιείται κατά τη δημιουργία μίας νέας εργασίας, είναι ο καθορισμός του περιβάλλοντος ελέγχου. Αυτό μπορεί να επιλεγεί μέσα από ένα κατάλογο ήδη υπαρχόντων προτύπων περιβαλλόντων ή να κατασκευαστεί ένα καινούριο, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του χρήστη. Σε αυτή την



περίπτωση, στην επιλογή *select skin from template* (επιλογή περιβάλλοντος ελέγχου από πρότυπα), του παραθύρου διαλόγου, ο χρήστης επιλέγει *blank* (κενό).

Για το μουσείο San Salvatore δε χρησιμοποιήθηκε κάποιο από τα υπάρχοντα πρότυπα, αλλά δημιουργήθηκε ένα νέο από το μηδέν, με στόχο να είναι ιδιαίτερο και κατασκευασμένο ειδικά για αυτό το σκοπό.

Αρχικά, καθορίζονται οι βασικές ιδιότητες του περιβάλλοντος ελέγχου, δηλαδή η διάσταση και η εικόνα που θα χρησιμοποιηθεί για φόντο. Αυτό γίνεται στο παράθυρο ιδιοτήτων του, που εμφανίζεται επιλέγοντας τον κενό χώρο στο κύριο παράθυρο εργασιών. Για το μουσείο San Salvatore η διάσταση είναι 1024\*700 pixel.

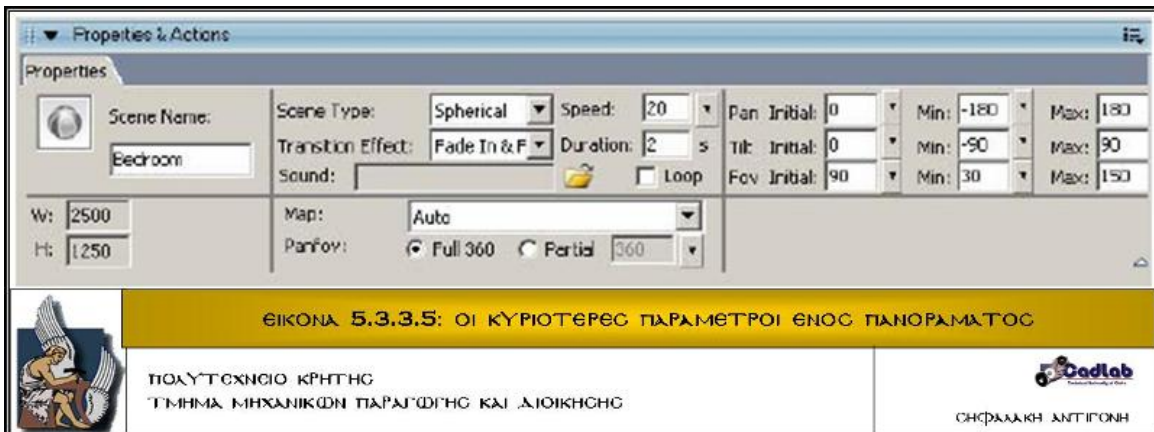


Το περιβάλλον ελέγχου αποτελείται από διάφορα στοιχεία. Τα στοιχεία αυτά μορφοποιούνται και τοποθετούνται στη θέση που επιθυμεί ο χρήστης επιλέγοντάς τα από την εργαλειοθήκη.

**Scene Viewer (προβολέας σκηνών):** Είναι το στοιχείο μέσω του οποίου γίνεται η προβολή των σκηνών. Αφού τοποθετηθεί αυτός στην εφαρμογή, η μορφοποίηση των σκηνών μπορεί να γίνει οπτικά. Σε μία εικονική περιήγηση υπάρχει μόνο ένας προβολέας σκηνών. Η εμφάνισή του μπορεί να ρυθμιστεί από το παράθυρο των ιδιοτήτων του, που εμφανίζεται όταν αυτός είναι επιλεγμένος. Οι παράμετροι που μπορούν να μορφοποιηθούν είναι το μέγεθος, το φόντο και η εικόνα πλαισίου, αν υπάρχει. Η εικόνα πλαισίου μπορεί να είναι για παράδειγμα μία εικόνα με όλα τα κουμπιά και ένα μη συμβατικό σχήμα που δίνει μία διαφορετική όψη στον προβολέα. Οι σκηνές που χρησιμοποιούνται σε μία εφαρμογή προσθαφαιρούνται στον κατάλογο σκηνών, όπου ορίζεται και το τύπος τους. Εκεί μπορεί να αλλάξει και η σειρά που εμφανίζονται καθώς και να ρυθμιστούν οι διάφορες παράμετροι που τις αφορούν. Οι κυριότερες παράμετροι που ρυθμίζονται για ένα σφαιρικό πανόραμα είναι οι εξής:

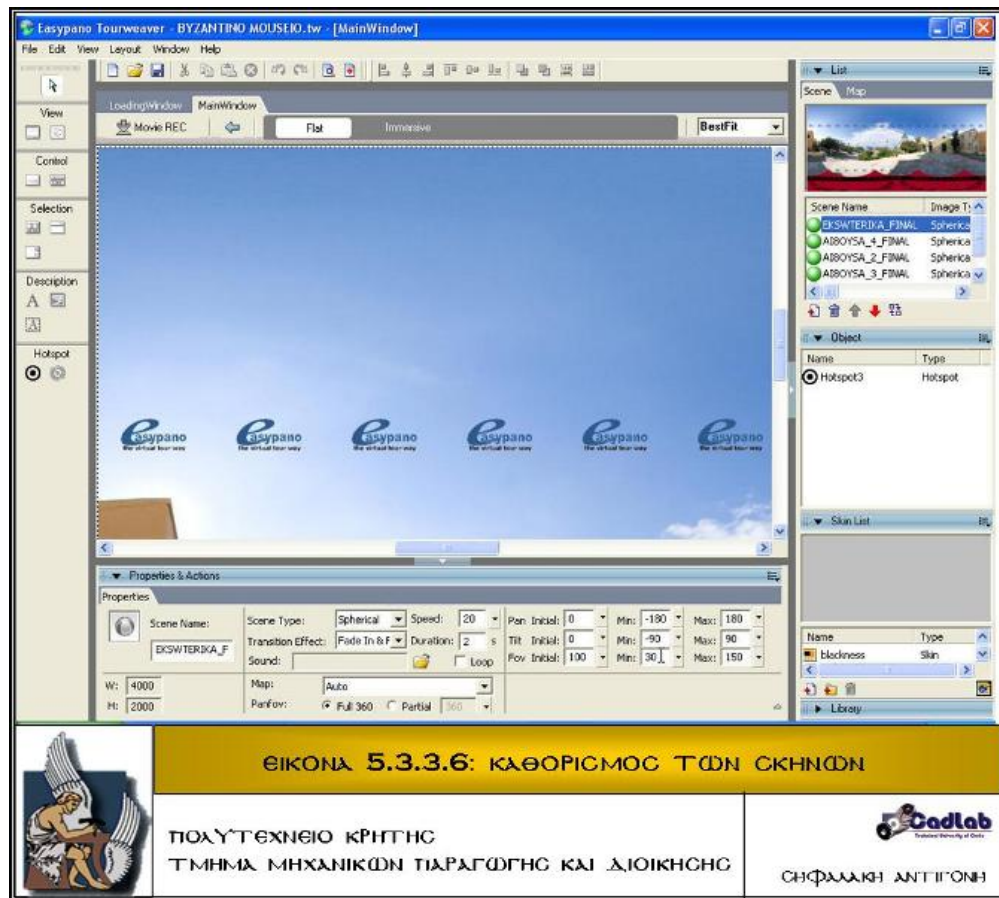
- **Όνομα σκηνής:** Το όνομα της σκηνής

- **Τύπος σκηνής:** Ο τύπος της σκηνής. Ανάλογα με τον τύπο θα χρησιμοποιηθεί διαφορετική μέθοδος προβολής.
- **Χάρτης:** Ο χάρτης στον οποίο βρίσκεται η σκηνή. Όταν προβάλλεται η συγκεκριμένη σκηνή, προβάλλεται και ο αντίστοιχος χάρτης στον προβολέα χαρτών.
- **Εφέ μετάβασης:** Μπορεί να καθοριστεί το εφέ που χρησιμοποιείται κατά τη μετάβαση από μία σκηνή σε μία άλλη. Υπάρχουν τρεις επιλογές: κανένα εφέ, περισίδες και ξεθώριασμα. Ορίζεται επίσης και ο χρόνος που διαρκεί αυτή η μετάβαση
- **Ταχύτητα περιστροφής:** Είναι η ταχύτητα με την οποία περιστρέφεται η σκηνή κατά την περιήγηση. Η κλίμακα είναι από -100 έως 100. Αρνητική τιμή σημαίνει ότι το πανόραμα περιστρέφεται αντί-ωρολογιακά.
- **Ήχος:** Αν οριστεί συγκεκριμένος ήχος για τη σκηνή, τότε ο ήχος αυτός θα ακούγεται για όσο διάστημα ο χρήστης κινείται σε αυτή τη σκηνή.
- **Panov:** Αν η πανοραμική εικόνα δεν είναι 360 μοίρες στην οριζόντια κατεύθυνση, μπορεί εδώ να οριστεί η ακτίνα η οποία καλύπτει.
- **Initial, Min, Max:** Εδώ καθορίζεται η αρχική οπτική γωνία και το εύρος του πανοράματος που θα βλέπει ο χρήστης όταν κινείται στη συγκεκριμένη σκηνή.



Πατώντας το κουμπί που εκτελεί τη συγκεκριμένη εντολή, τοποθετείται ο προβολέας στη θέση και τη διάσταση που κρίνεται κατάλληλη. Κάνοντας διπλό κλικ με το ποντίκι πάνω σε αυτόν, ανοίγει ο κατάλογος με τις σκηνές. Στον κατάλογο ορίζονται τα πανοράματα που δημιουργήθηκαν με το Panoweaver. Επιλέγοντας κάθε μία σκηνή εμφανίζονται οι ιδιότητές της και τα στοιχεία που βρίσκονται πάνω σε αυτή. Επίσης, στον κατάλογο των αντικειμένων εμφανίζονται τα τυχόν σημεία ενδιαφέροντος που υπάρχουν στη σκηνή. Για το μουσείο San Salvatore

χρησιμοποιούνται πέντε σκηνές, πάνω στις οποίες θα τοποθετηθούν αρκετά σημεία ενδιαφέροντος.



**Map Viewer (προβολέας χάρτη):** Ο προβολέας χάρτη είναι το στοιχείο που προβάλλει τους χάρτες που υπάρχουν στην εφαρμογή. Η προσθήκη του γίνεται χρησιμοποιώντας το κατάλληλο κουμπί από την εργαλειοθήκη (map viewer). Η εμφάνιση και η διάστασή του ρυθμίζονται από τον πίνακα των ιδιοτήτων του, ο οποίος εμφανίζεται όταν είναι επιλεγμένος ο χάρτης. Οι χάρτες μπορούν να προστεθούν και να αφαιρεθούν από τον κατάλογο χαρτών, ενώ μπορεί και να αντικατασταθεί ένας χάρτης με έναν άλλο, χωρίς να αλλάξουν τα σημεία ενδιαφέροντος πάνω σε αυτόν. Απλά αν ο νέος χάρτης έχει διαφορετική διάσταση από τον παλιό, μπορεί να χρειαστεί να γίνουν κάποιες μικρές αναπροσαρμογές.

Στον χάρτη είναι δυνατόν να προστεθούν επίσης σημεία ενδιαφέροντος, τα οποία μπορούν για παράδειγμα να συνδέουν ένα χώρο του χάρτη με μία συγκεκριμένη σκηνή. Έτσι όταν επιλεγεί το σημείο αυτό στο χάρτη, στον προβολέα σκηνών εμφανίζεται η αντίστοιχη σκηνή.

**Προσθήκη κουμπιών:** Το κουμπί είναι ένα στοιχείο που ρυθμίζει τη λειτουργία της σκηνής και του χάρτη. Αυτό σημαίνει πως στα κουμπιά εκτός από

ιδιότητες, προσδιορίζονται και οι δράσεις τους. Δηλαδή τα γεγονότα που πραγματοποιούνται κάθε φορά που πατιέται ένα κουμπί. Όλα αυτά καθορίζονται στον τον πίνακα ιδιοτήτων του κουμπιού.

Δράση είναι ένα γεγονός που θα συμβεί όταν το στοιχείο στο οποίο έχει αποδοθεί ενεργοποιείται. Υπάρχουν δράσεις για τις εικόνες, το κείμενο, τα κουμπιά και τα σημεία αναφοράς. Οι δράσεις αυτές κατηγοριοποιούνται ως εξής: δράσεις για τη σκηνή, για τον ήχο, για το παράθυρο, για την εικόνα, για το χάρτη και ειδικές δράσεις.

Οι δράσεις που αφορούν τις *σκηνές* έχουν να κάνουν κυρίως με τη μετακίνηση του χρήστη μέσα σε αυτές: κίνηση δεξιά, αριστερά, πάνω, κάτω, σύνδεση με μία άλλη σκηνή, μεγέθυνση, σμίκρυνση, μετακίνηση στην προηγούμενη/ επόμενη σκηνή, σταμάτημα και επαναφορά στην αρχική κατάσταση.

Οι δράσεις που έχουν να κάνουν με *τον ήχο* είναι δύο: η διπλής ενέργειας δράση ήχος/ όχι ήχος και η έναρξη κάπου ήχου.

Οι δράσεις που είναι σχετικές με το *χάρτη*, είναι αντίστοιχες με εκείνες των σκηνών, δηλαδή: μετακίνηση στο χώρο του χάρτη δεξιά, αριστερά, πάνω, κάτω, μεγέθυνση, σμίκρυνση. Επίσης υπάρχει και η σύνδεση με το χάρτη, δηλαδή η δράση που συνδέει μία συγκεκριμένη σκηνή με μία θέση στο χάρτη.

Οι δράσεις για το *παράθυρο* είναι η δράση πλήρους οθόνης, που εναλλάσσει το παράθυρο μεταξύ του αρχικού του μεγέθους και του μεγέθους που καταλαμβάνει όλη την οθόνη και το κλείσιμο του παραθύρου.

Οι *ειδικές* δράσεις αφορούν πιο σύνθετες περιπτώσεις. Είναι η σύνδεση με μία αναδυόμενη εικόνα, η σύνδεση με μία διεύθυνση του διαδικτύου, η εμφάνιση βοήθειας, η σύνδεση με μία διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου για αποστολή μηνύματος, η εκτύπωση μίας σελίδας, η εμφάνιση ή όχι κάποιων σημείων αναφοράς και η εκτέλεση κάποιου κώδικα.

Εκτός από τα κλασικά κουμπιά υπάρχουν και δύο ειδικές κατηγορίες. Αυτές είναι:

A) Το κουμπί διπλής δράσης, που περιέχει δύο καταστάσεις. Κάθε φορά που πατιέται οι δύο καταστάσεις εναλλάσσονται μεταξύ τους. Για παράδειγμα εμφάνιση/ απόκρυψη κάποιου στοιχείου.

B) Τα κουμπιά ετικέτες, δηλαδή μία ομάδα κουμπιών τα οποία εμφανίζονται σαν ετικέτες και από τα οποία είναι επιλεγμένο πάντα ένα. Η επιλεγμένη ετικέτα εμφανίζεται με κάποια επισήμανση, ώστε να είναι ευδιάκριτη.

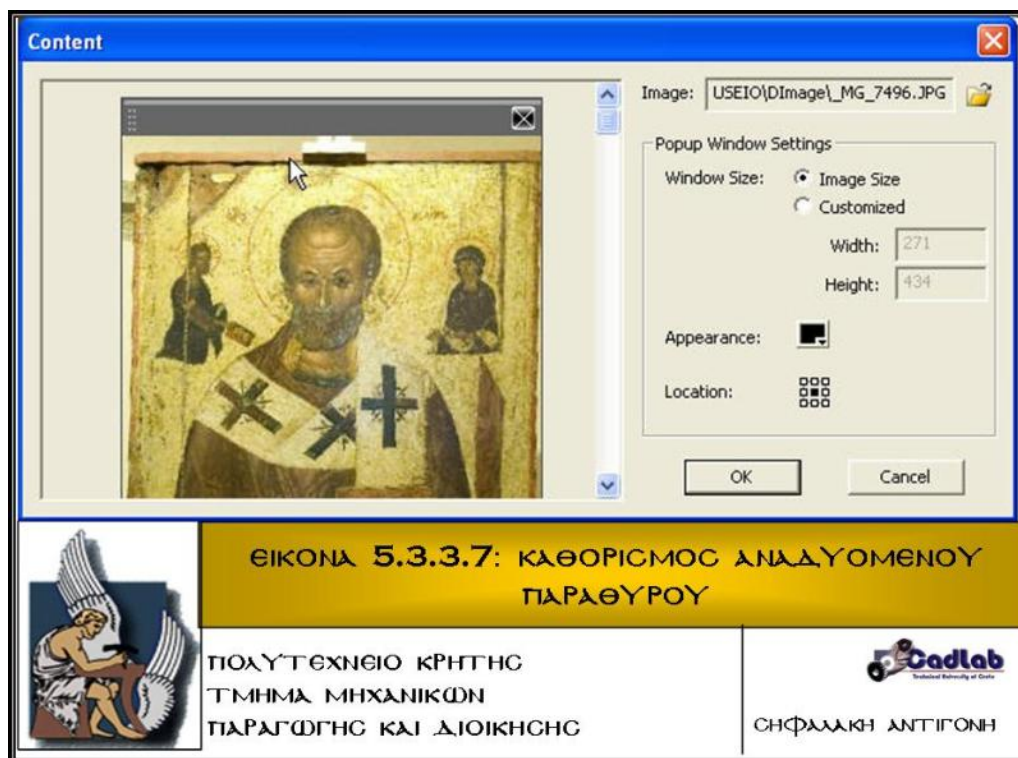
Αφού καθοριστεί η μορφή του κάθε κουμπιού, αποδίδονται σε αυτά και οι δράσεις που τους αντιστοιχούν. Η δράση επιλέγεται από τον πίνακα ιδιοτήτων και δράσεων και μπορεί να είναι οποιαδήποτε από αυτές που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Τα κουμπιά που χρησιμοποιούνται στην περιήγηση του Βυζαντινού μουσείου είναι α) τα κουμπιά περιήγησης στη σκηνή (πάνω, κάτω, δεξιά, αριστερά), β) τα κουμπιά σμίκρυνσης και μεγέθυνσης της εικόνας γ) το κουμπί σταματήματος της κίνησης και το κουμπί επαναφοράς στην αρχική κατάσταση, δ) το κουμπί του ήχου, ε) το κουμπί πλήρους οθόνης και γ) το κουμπί κλείσιμου του παραθύρου.

**Προσθήκη σημείου ενδιαφέροντος:** Για να γίνει η περιήγηση πιο άμεση, μπορούν να προστεθούν κάποια σημεία ενδιαφέροντος (hotspots) στη σκηνή. Τα σημεία ενδιαφέροντος δηλαδή περιέχουν ένα ενεργό σύνδεσμο. Αυτός ενεργοποιείται όταν πατηθούν τα σημεία αυτά. Για παράδειγμα, για να γίνει η διασύνδεση μεταξύ δύο σκηνών μπορούν να προστεθούν κάποια σημεία ενδιαφέροντος που επιτελούν αυτό το σκοπό. Μπορούν επίσης να προστεθούν σημεία ενδιαφέροντος που συνδέουν μια συγκεκριμένη θέση στη σκηνή με μία αναδυόμενη εικόνα. Οι ιδιότητες ενός σημείου ενδιαφέροντος ορίζονται επίσης στον τον πίνακα ιδιοτήτων του.

Τα σημεία ενδιαφέροντος που υπάρχουν στη σκηνή του μουσείου είναι:

α) Τα σημεία που συνδέουν τη μία σκηνή με μία άλλη και βρίσκονται στις θέσεις που απεικονίζονται οι πραγματικές είσοδοι από τη μία αίθουσα στην άλλη, στον φυσικό χώρο του μουσείου. Πατώντας σε ένα τέτοιο σημείο ο χρήστης μεταφέρεται σε μία άλλη σκηνή.





β) Τα σημεία που πατώντας τα αναδύεται μία εικόνα ή ένα τρισδιάστατο μοντέλο κάποιου από τα εκθέματα του μουσείου (εικόνα 5.3.3.7). Τα σημεία δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη να δει με μεγαλύτερη λεπτομέρεια κάποια εκθέματα και να διαβάσει μία σύντομη περιγραφή τους. Οι αναδυόμενες εικόνες της παρούσας περιήγησης είναι οι φωτογραφίες των εκθεμάτων που λήφθηκαν στο μουσείο, ενώ τα τρισδιάστατα μοντέλα κατασκευάστηκαν με λογισμικά τρισδιάστατης μοντελοποίησης.



Τα σημεία ενδιαφέροντος που τοποθετούνται στο χάρτη είναι τα λεγόμενα *ραντάρ*. Με τη βοήθειά τους παρουσιάζεται στο χάρτη η θέση και ο προσανατολισμός των διάφορων σκηνών στο χώρο. Αφού γίνει η σύνδεση του κάθε ραντάρ με μία σκηνή, πραγματοποιείται η διαδικασία συγχρονισμού της περιστροφής του με την περιστροφή της αντίστοιχης σκηνής. Καθώς η σκηνή περιστρέφεται, το ραντάρ στο χάρτη περιστρέφεται με τον ίδιο τρόπο, δείχνοντας ακριβώς σε ποια θέση είναι η τρέχουσα οπτική γωνία της σκηνής (εικόνα 5.3.3.8).

**Προσθήκη ήχου στην περιήγηση:** Εκτός από την προσθήκη ήχου μεμονωμένα σε ένα σημείο ενδιαφέροντος, ή μία σκηνή, μπορεί να προστεθεί ήχος και σε ολόκληρη την περιήγηση. Αυτός ο ήχος θα ακούγεται καθ' όλη τη διάρκεια της εικονικής περιήγησης του χρήστη. Η ρύθμιση αυτή γίνεται με τις εντολές *file>publish settings> html>background sound file*. Για να σταματήσει να ακούγεται ο ήχος αυτός θα πρέπει να έχει προστεθεί το κουμπί *mute* στην περιήγηση, το οποίο απενεργοποιεί τον ήχο στην παρουσίαση.

**Μορφοποίηση του παράθυρου φόρτωσης της περιήγησης:** Το παράθυρο φόρτωσης της περιήγησης εμφανίζεται όσο διάστημα φορτώνεται η παρουσίαση. Στη σελίδα Loading window (παράθυρο φόρτωσης) επιλέγεται ο πίνακας ιδιοτήτων και εκεί καθορίζεται η εικόνα που θα χρησιμοποιηθεί και η μορφή της μπάρας φόρτωσης. Στην προκειμένη περίπτωση απεικονίζεται η πρόσοψη του μουσείου.



**Ρυθμίσεις προβολής της περιήγησης:** Η εικονική περιήγηση έχει πλέον ολοκληρωθεί. Μένουν μόνο οι τελευταίες ρυθμίσεις, που αφορούν τα αρχεία που θα δημιουργηθούν για την προβολή της. Αυτές οι ρυθμίσεις γίνονται μέσω του menu>File>Publishing settings. Μπορεί να επιλεγεί ο τύπος των αρχείων που θα



## 5. Το εικονικό μουσείο San Salvatore

δημιουργηθούν, το όνομα και η θέση στον υπολογιστεί που θα εξαχθεί το αρχείο. Οι τύποι που υποστηρίζονται από το πρόγραμμα είναι το Flash VR και το Java applet (14).

Η περιήγηση είναι πλέον έτοιμη για δημοσίευση στο διαδίκτυο.



## Κεφάλαιο 6:

### Συμπεράσματα – Προτάσεις – Μελλοντικές προοπτικές

Η εφαρμογή εικονικής περιήγησης που πραγματοποιήθηκε για το μουσείο San Salvatore των Χανίων είναι ένα πολύ μικρό δείγμα του πώς μπορεί η ψηφιακή τεχνολογία να βοηθήσει στη συντήρηση, την αποκατάσταση και την προβολή των μουσειακών συλλογών.

Στην πραγματικότητα, τα τελευταία χρόνια γίνεται μία τεράστια προσπάθεια πολλών μουσείων ανά τον κόσμο να χρησιμοποιήσουν την τρέχουσα τεχνολογία για τους δικούς τους σκοπούς. Με τον καιρό, η ψηφιοποίηση των συλλογών των μουσείων κρίνεται όλο και πιο απαραίτητη. Ταυτόχρονα, οι εικονικές περιηγήσεις στο διαδίκτυο σε μουσεία και ιδρύματα τεχνών αποτελούν όλο και πιο συχνό φαινόμενο, ενώ είναι από τα αποτελεσματικότερα και πιο εύχρηστα μέσα διάσωσης και διάδοσης της πολιτιστικής κληρονομιάς των λαών.

Σε ακόμη πιο εξελιγμένο επίπεδο, κάποια μουσεία έχουν χρησιμοποιήσει την εικονική πραγματικότητα μέσα στους χώρους τους για τη δημιουργία περιβαλλόντων εμπύθισης. Εκεί ο επισκέπτης, χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα μέσα, μπορεί να ταξιδέψει στο χώρο-χρόνο και να επισκεφτεί μνημεία που έχουν πλέον καταστραφεί.

Είναι γεγονός πως η πραγματοποίηση της ψηφιοποίησης μουσειακών συλλογών σε ουσιαστικό και συλλογικό επίπεδο βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο και παρουσιάζει πολλά προβλήματα. Παρ' όλα αυτά έχουν ήδη γίνει αρκετές μελέτες για το πως μια τέτοια προσπάθεια θα μπορούσε να είναι βιώσιμη και κάποιες από τις κυριότερες συστάσεις που έχουν γίνει παρουσιάζονται παρακάτω:

- ο Στον *οργανωτικό τομέα*, θα πρέπει να αναπτυχθεί ένα σύνολο οδηγιών, κοινά αποδεκτών και εφαρμόσιμων, που θα χρησιμοποιούνται από τους ανθρώπους που έχουν αναλάβει να επιτελέσουν το συγκεκριμένο έργο.
- ο Απαραίτητος κρίνεται και ο καθορισμός των *στρατηγικών και των μεθοδολογιών* που θα χρησιμοποιούνται. Προς το παρόν δεν είναι ξεκάθαρη ακόμη η απάντηση στο ποια είναι η καλύτερη μέθοδος ψηφιοποίησης στον τομέα των μουσειακών εκθέσεων. Υπάρχει όμως γενική συμφωνία στο ότι όλες οι τεχνικές πρέπει να εξασφαλίζουν τη

βιωσιμότητα των ψηφιακών εκθεμάτων και τη διαθεσιμότητα για περαιτέρω χρήση. Η ανανέωση αναγνωρίζεται ως η καλύτερη μέθοδος για μακροχρόνια ψηφιακή αναγνωσιμότητα.

- ο Ανάλυση των *μέσων αποθήκευσης* και του *τύπου ψηφιακών αρχείων*. Γενικά υπάρχει μικρή ομοφωνία σχετικά με την πρόταση συγκεκριμένων μέσων ή τύπων αρχείων. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στην ανάγκη για υποστήριξη συγκεκριμένων ιδιοτήτων κάποιων έργων τέχνης, που συχνά απαιτούν συγκεκριμένους τύπους αρχείων και μέσων προβολής. Ακόμη και σε πιο κοινότυπα θέματα, όπως το εάν θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ή όχι συμπίεσμένα αρχεία δεν υπάρχει συμφωνία. Ενώ κάποιοι είναι ρητοί στο να κρατούνται αυστηρά μόνο μη συμπίεσμένα αρχεία, άλλοι απλά το αναφέρουν σαν δυνατότητα, αλλά δεν το προτείνουν, ώστε να μη χάνεται η ακρίβεια και η πιστότητα του αντικειμένου. Ένα επιχείρημα σχετικά με το γιατί η συμπίεση οποιουδήποτε τύπου αρχείου είναι προβληματική, είναι το ότι έτσι εισάγεται ένα επιπλέον επίπεδο πολυπλοκότητας που μόνο στόχο έχει την εξυπηρέτηση του προβλήματος αποδημίας στο μέλλον. Μια από τις συστάσεις οι οποίες είναι κοινώς αποδεκτές είναι το ότι πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένας τύπος αρχείων που δεν είναι ιδιόκτητος αλλά ανοικτού τύπου, ώστε να μην υπάρχει εκμετάλλευση από το συγκεκριμένο φορέα.
- ο Μία ακόμη πρόταση είναι η *δημιουργία εφεδρικών αρχείων* με διαφορετικά είδη λογισμικών, ώστε να αποφευχθεί το χάσιμο των αρχείων λόγω κάποιου ιού ή προβλήματος του ενός λογισμικού μελλοντικά. Με βάση αυτή την πρόταση, τουλάχιστον ένα από τα εφεδρικά αρχεία θα πρέπει να διατηρείται σε διαφορετικό μέσο από το σύνολο και να ανανεώνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα ώστε να ανταπεξέρχεται στην τρέχουσα τεχνολογία.
- ο Υπάρχει ανάγκη για *άμεση αναγνώριση και εντοπισμό* ενός αντικειμένου. Είναι επίσης απαραίτητη η *διασφάλιση της αυθεντικότητας* του ψηφιακού αντικειμένου. Δηλαδή να είναι βέβαιο πως το αντικείμενο δεν έχει φθαρεί ή τροποποιηθεί με κανένα τρόπο. Παρ' όλο που έχει αναγνωριστεί αυτή η ανάγκη, έχει γίνει πολύ λίγη δουλειά σχετικά με την εξακρίβωση της αυθεντικότητας σε ψηφιακό επίπεδο. Ακόμη και οι μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί ως τώρα είναι προβληματικοί.

- ο Πνευματικά δικαιώματα και η διαχείρισή τους. Το θέμα των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας και της διαχείρισης προκύπτει διαρκώς, με κυριότερη έμφαση στη διασφάλιση του ότι τα ιδρύματα έχουν αρκετά δικαιώματα για δραστηριότητες ψηφιοποίησης. Οι σύγχρονοι και οι προτεινόμενοι κανονισμοί για αντιγραφή μπορεί να αποτελέσουν εμπόδιο σε αυτή τη διαδικασία. Ιδανικά θα πρέπει να επιτευχθεί μία συμφωνία με τον ιδιοκτήτη των πνευματικών δικαιωμάτων, αν και κάτι τέτοιο θα απαιτούσε τεράστιο όγκο γραφειοκρατίας.

Σαφώς, δεν έχει ληφθεί καθόλου υπόψη το πόσο θα κόστιζε η εφαρμογή όλης αυτής της διαδικασίας.

Είναι ένα ζήτημα να γίνουν κάποιες καλές και αποτελεσματικές προτάσεις για την ψηφιοποίηση των μουσειακών χώρων και είναι κάτι πολύ διαφορετικό να μπορέσει κανείς να εφαρμόσει αυτές τις συστάσεις. Η τεχνολογία στα περιβάλλοντα των μουσείων μπορεί να είναι σπάνιο φαινόμενο και όλες οι προτάσεις για προώθηση εργασιών ψηφιοποίησης των μουσείων απαιτούν κάποιο επίπεδο τεχνικής κατάρτισης που δεν συναντάται συχνά στα μουσεία. Άρα οι όποιες συστάσεις γίνουν σε μουσεία προϋποθέτουν ότι θα υπάρχει κάποιο μέλος τους που θα μπορεί να αναλάβει την πραγματοποίησή τους.

Οι δράσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: Δράσεις που μπορούν να εφαρμοστούν σε επίπεδο ιδρύματος και που κάθε μουσείο θα πρέπει να φροντίσει από μόνο του την πραγματοποίησή τους και δράσεις ευρύτερης επενέργειας, όπως τη δημιουργία ενός οργανισμού που θα διασφαλίζει τη συνεργασία των μουσείων, την οργάνωση των διαδικασιών, την τήρηση των κανονισμών και τη μακρόχρονη βιωσιμότητα μίας τέτοιας προσπάθειας.

#### **Συστάσεις για δράση:**

- ο Εγκαθίδρυση ενός συνόλου εγγράφων τακτικής που θα αφορούν τις δραστηριότητες ψηφιοποίησης μέσα στο ίδρυμα. Μία πιθανή λίστα ερωτήσεων που θα βοηθούσε στη δημιουργία μίας τέτοιας τακτικής παρουσιάζεται στο Παράρτημα 1
- ο Δημιουργία ενός ευρετηρίου ψηφιακών αντικειμένων και περιγραφής των ιδιοτήτων τους. Το ευρετήριο αυτό θα πρέπει να ενημερώνεται άμεσα, καθώς η συλλογή μεγαλώνει.
- ο Ανάθεση σε τουλάχιστον ένα υπάλληλο (ανάλογα με το μέγεθος του μουσείου και της συλλογής του) σαφών καθηκόντων για τη δημιουργία, τη συντήρηση και την προβολή των ψηφιακών δεδομένων

- ο Εδραίωση και μείωση του αριθμού των μέσων προβολής της συλλογής και δημιουργία το ελάχιστο ενός αντιγράφου που θα φυλάσσεται σε διαφορετική τοποθεσία.
- ο Απόδοση σχετικής προτεραιότητας σε κάθε είδος αρχείου και τις πηγές που το υποστηρίζουν. Αναγνώριση των τύπων που δεν μπορεί να στηρίξει το ίδρυμα και διασφάλιση του ότι οι δημιουργεί το γνωρίζουν αυτό.
- ο Διασφάλιση του ότι κάθε ψηφιακό αντικείμενο έχει ένα μηχανισμό αναγνώρισης και ο μηχανισμός αυτός είναι βιώσιμος και εκτός του ιδρύματος.
- ο Ανάπτυξη ενός χρονοδιαγράμματος εκτίμησης των αντικειμένων, συμπεριλαμβανομένων ελέγχων πιστότητας των ψηφιακών δεδομένων και ανανέωσης των μέσων.

**Ευρύτερες συστάσεις:**

- ο Εφαρμογή ενός πρωτοκόλλου παρακολούθησης τεχνολογίας για να διασφαλιστεί πως κανένας τύπος αρχείου ή μέσου δε θα απαρχαιωθεί, προτού τα αντικείμενα που σχετίζονται με αυτό να αναχθούν σε ένα σύγχρονο τύπο αρχείων.
- ο Εγκαθίδρυση συνδέσμων συνεργασίας με άλλα ιδρύματα, ώστε να μοιράζονται τις γνώσεις και τις πηγές τους, και να δημιουργούν ομάδες ειδικευσης στη διαχείριση συγκεκριμένων τύπων ψηφιακών αντικειμένων.
- ο Αναγνώριση και υιοθέτηση τύπων αρχείων και μεθόδων με ευρεία υποστήριξη και προοπτική μακροβιότητας.
- ο Υιοθέτηση ενός συστήματος που να έχει αυτοματοποιήσει το μεγαλύτερο μέρος της διαχείρισης του κύκλου ζωής των ψηφιακών αντικειμένων.
- ο Εξασφάλιση από τους διαχειριστές των πνευματικών δικαιωμάτων των αντικειμένων της δυνατότητας αντιγραφής τους και χρήσης για τους σκοπούς της ψηφιοποίησης, για πάντα.

Με δεδομένη τη συνολική ρευστότητα με την οποία αλλάζει το ψηφιακό περιβάλλον, είναι αμφίβολο το αν οι τεχνικές του σήμερα μπορούν να ανταπεξέλθουν στις ανάγκες του αύριο. Παρ' όλα αυτά, η πραγματική λύση για την ψηφιοποίηση αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς έγκειται περισσότερο στην τακτική και λιγότερο στην τεχνολογία. Όπως αναφέρει η Margaret Hedstorm «Αυτή η πρόκληση είναι τόσο ένα κοινωνικό και θεσμικό πρόβλημα, όσο και τεχνολογικό. Γιατί, για να εφαρμοστεί μακροπρόθεσμα, τα κάθε είδους ιδρύματα θα πρέπει να κάνουν αλλαγές στην κατεύθυνση, το σκοπό, τη διαχείριση και τη χρηματοδότηση» (CLIR 2002). Για τα μουσεία, το να έχουν υγιή πολιτική που να διατηρεί την ανθρώπινη επισκεψιμότητα στα ψηφιακά αντικείμενα είναι πολύ βασική. Η διατήρηση και

προβολή των ψηφιακών αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς βρίσκεται τελικά στη συνολική δέσμευση για διατήρηση της κουλτούρας και της κληρονομιάς της κοινωνίας, άσχετα με τα τεχνικά θέματα.

# Παράρτημα 1

## Ενδεικτική λίστα ερωτήσεων για τη δημιουργία μίας τακτικής ψηφιοποίησης σε ένα μουσείο

### Οργανωτικές ερωτήσεις

1. Επιλογή
  - a. Είναι το αντικείμενο απαραίτητο στην κεντρική συλλογή του μουσείου;
  - b. Ταιριάζει το αντικείμενο στην παρούσα ή την προβλεπόμενη δομή ψηφιοποίησης του ιδρύματος;
2. Ρόλοι και καθήκοντα
  - a. Είναι το ίδρυμα ο κύριος κάτοχος του αρχείου για το ψηφιακό αντικείμενο;
  - b. Έχει το ίδρυμα κάποιες υποχρεώσεις προς κάποιον τρίτο ή περιορισμούς σε σχέση με την πρόσβαση στο αντικείμενο;
3. Διατήρηση ή απόρριψη
  - a. Υπάρχουν άλλα ιδρύματα με περισσότερες ικανότητες ή μεγαλύτερη εξειδίκευση στην κατηγορία αυτού του αντικειμένου;
  - b. Ταιριάζει το αντικείμενο με τη διαρκή αποστολή του συγκεκριμένου μουσείου;

### Μέσα

1. Επιλογή του κατάλληλου μέσου:
  - a. Υποστηρίζεται το συγκεκριμένο μέσο από διαφορετικούς μηχανισμούς ανάγνωσης και κατασκευαστές μέσων;
  - b. Είναι το μέσο ευπροσάρμοστο στις περιβαλλοντικές αλλαγές; Ποιες είναι οι προτεινόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες για μακροχρόνια διατήρηση και μπορεί το ίδρυμα να παρέχει αυτές τις συνθήκες;
  - c. Πόσο ευαίσθητο είναι το μέσω σε τυχαία μετατροπή;
  - d. Είναι εύχρηστο το μέσο; Ποιες είναι οι συνθήκες χρήσης του;
2. Διαχείριση του μέσου:
  - a. Πόσο συχνά πρέπει να γίνονται έλεγχοι αξιοπιστίας και ακεραιότητας του μέσου? Πόσο συχνά πρέπει να αντικαθίσταται;



- b. Υπάρχει μία αναγνωρισμένη τοποθεσία εκτός της κύριας που να τοποθετούνται τα εφεδρικά; Πόσο συχνά θα πρέπει αυτή να ενημερώνεται;
- c. Υπάρχει κάποιο σύστημα εντοπισμού των αντικειμένων στο μέσο και πως θα γίνεται η αναγνώριση;

### Τύποι αρχείων

1. Επιλογή των τύπων αρχείων:
  - a. Υποστηρίζεται ο συγκεκριμένος τύπος αρχείων ευρεία από λογισμικά προβολής και μορφοποίησης;
  - b. Είναι η μορφή αυτή ανοιχτού τύπου/ μη ιδιόκτητη και έχει δημοσιευμένες;
  - c. Παρέχει υποστήριξη για πιθανά μεταδεδομένα;
  - d. Υποστηρίζει ο τύπος αρχείων αμιγή συμπίεση ή απόκρυψη;
2. Διαχείριση των αρχείων:
  - a. Είναι η παρούσα έκδοση λογισμικού που δημιούργησε το αρχείο που καταγράφηκε; Είναι διαθέσιμη η παρούσα έκδοση;
  - b. Τι απώλεια δεδομένων θα αποτελούσε μια σημαντική απώλεια ιδιοτήτων του συγκεκριμένου τύπου;

### Μεταδεδομένα

1. Γενικά
  - a. Μπορούν τα ψηφιακά αντικείμενα να χρησιμοποιήσουν μία παγκόσμια σταθερά ή υπάρχει κάποιος λόγος που κάνει απαραίτητη τη δημιουργία μίας τοπικής σταθεράς;
2. Διοικητικά/Συντήρηση
  - a. Υπάρχει κάποιος δείκτης αυθεντικότητας που μπορεί να εφαρμοστεί στο αντικείμενο;
  - b. Μπορούν οι ιστορικές και τεχνολογικές αλλαγές του αντικειμένου να ανιχνευθούν επαρκώς ώστε να διασφαλίσουν την ανθρώπινη αναγνωσιμότητα και αυθεντικότητα;
3. Μέθοδος αναγνώρισης
  - a. Έχει αποδοθεί στο αντικείμενο κάποια μέθοδος αναγνώρισης που να διασφαλίζει τη μοναδικότητά του;
  - b. Είναι για το ίδρυμα σημαντικό να έχει μία παγκόσμια μέθοδο αναγνώρισης για τα αντικείμενά του; Αν ναι, ποια;

Δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας

1. Είναι η πληροφορία σχετικά με το διαχειριστή των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας εντοπισμένη και αποθηκευμένη μαζί με το αντικείμενο, σαν στοιχείο μεταδεδομένων;
2. Πως προστατεύονται τα δικαιώματα και ο διαχειριστής τους από κακομεταχείριση (π.χ. περιορισμένη δημόσια πρόσβαση);
3. Είναι οι περιορισμοί χρήσης συναφείς με τη συνολική τακτική του ιδρύματος;
4. Έχει το ίδρυμα αρκετά δικαιώματα σε σχέση με το αντικείμενο, ώστε να μπορεί να προβεί στις ενέργειες ψηφιοποίησης;
5. Είναι το κόστος των δικαιωμάτων για μακροπρόθεσμη πρόσβαση στο αντικείμενο λογικό και υποφερτό για μια μεγάλη χρονική περίοδο;

# Πηγές

## Α) βιβλιογραφία

- [1] Γιαννουλιά Α. Ειρήνη, (2001) «Σχεδίαση πολιτισμικών κόμβων για τον παγκόσμιο ιστό: Η περίπτωση του ιστορικού μουσείου Κρήτης»
- [2] Ι.Π.Ε.Τ./Κ.Ε.Τ.Ε.Π. Ινστιτούτο Πολιτιστικής και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας (2005) «Εγχειρίδιο τρισδιάστατης ψηφιοποίησης κινητών αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς»
- [3] Ι.Π.Ε.Τ./Κ.Ε.Τ.Ε.Π. Ινστιτούτο Πολιτιστικής και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας (2005) «Εγχειρίδιο τρισδιάστατης ψηφιοποίησης ακίνητων μνημείων και χώρων»
- [4] Ι.Π.Ε.Τ./Κ.Ε.Τ.Ε.Π. Ινστιτούτο Πολιτιστικής και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας (2005) «Συνοπτικός οδηγός τρισδιάστατης ψηφιοποίησης κινητών πολιτιστικών αντικειμένων, μνημείων και χώρων»
- [5] 3D SOM manual
- [6] Fulford, R (1996), «Curators in cyberspace»
- [7] Gaiani, M (2000), «Translating the Architecture of the real into virtual: Seven years of experimentation with Conservation and Representation» Conference of cataloguing to Planned Presentation
- [8] Guarnieri, Guidi, Tucci, Vettore «Towards automatic modeling for cultural heritage applications»
- [9] Museum and Galleries New Technology Study (1998) «MAGNETS project carried out in the period January 1997-January 1998».
- [10] Panoweaver Pro 5.00 manual
- [11] Piccante, M (1996) «Surfs Up: Museums and the World Wide Web» research paper, Museum studies program, University of Toronto
- [12] Pieraccini Massimiliano, Guidi Gabriele, Atzeni Carlo , (2001) «3D digitizing of cultural heritage» Journal of cultural Heritage 2
- [13] Teather Lynne (1998) «A museum is a museum is a museum...Or Is it?» Exploring museology and the Web. Museums and the web 98 Proceedings
- [14] Tourweaver 3.00 manual

---

**B) ιστοσελίδες στο διαδίκτυο**

1. <http://www.artsmia.org/>
2. [http://www.canon-europe.com/For\\_Home/Product\\_Finder/Cameras/Digital\\_SLR/EOS\\_400D/index.asp](http://www.canon-europe.com/For_Home/Product_Finder/Cameras/Digital_SLR/EOS_400D/index.asp)
3. [www.chania.gr](http://www.chania.gr)
4. <http://www.childrensmuseum.org/>.
5. [http://www.chin.gc.ca/English/Digital\\_Content/Digital\\_Preservation/literature.html](http://www.chin.gc.ca/English/Digital_Content/Digital_Preservation/literature.html)
6. <http://www.culture.fr/>
7. <http://www.diegorivera.com/index.php>
8. [www.doc.mmu.ac.uk/RESEARCH/virtual-museum](http://www.doc.mmu.ac.uk/RESEARCH/virtual-museum)
9. <http://www.haramuseum.or.jp>
10. <http://www.hermitagemuseum.org/>
11. <http://www.hmsbelfasttours.org.uk>
12. [www.icom.org](http://www.icom.org)
13. <http://www.kcaf.or.kr/ehome3/english/vrml/index.html>
14. <http://www.louvre.fr/>
15. <http://www.moma.org/>
16. <http://www.museoscienza.org/english/museovr/Default.htm>
17. <http://www.museum.hu-berlin.de>
18. <http://www.nga.gov/>
19. <http://www.peabody.harvard.edu/exhibitions.html>
20. <http://services.manfrotto.com/303SPH/>
21. [http://www.sigmaphoto.com/lenses/lenses\\_all\\_details.asp?navigator=4](http://www.sigmaphoto.com/lenses/lenses_all_details.asp?navigator=4)
22. <http://sln.fi.edu/>.
23. <http://www.tamu.edu/mocl/picasso>
24. [www.toucan.co.jp/indexE.html](http://www.toucan.co.jp/indexE.html)
25. [http://www.virgin.fr/virgin/html/smart/musee/dada\\_1.html](http://www.virgin.fr/virgin/html/smart/musee/dada_1.html)
26. <http://wildsau.idv.uni-linz.ac.at/~chris/Dali/>.
27. [www.worldwar1.com/vrml.htm](http://www.worldwar1.com/vrml.htm)