



Μελέτη & Ανάλυση Απαιτήσεων για Εφαρμογές 3Δ Τεκμηρίωσης Ευρείας Κλίμακας

Μεταπτυχιακή Εργασία
Κυριακουλάκη Αρετή

Επιβλέπων:
N. Μπιλάλης
Καθηγητής

ΧΑΝΙΑ 2017



**Μεταπτυχιακό
Πρόγραμμα
Ειδίκευσης**



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3D ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ ΕΥΡΕΙΑΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ



Μεταπτυχιακή Εργασία

Κυριακουλάκη Αρετή

Πτυχιούχος Τμ. Οργάνωσης & Διοίκησης Επιχειρήσεων
Πανεπιστήμιο Μακεδονίας

Επιβλέπων: **Ν. Μπιλάλης**

Καθηγητής, Πολυτεχνείο Κρήτης

Χανιά 2017

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Ευρετήριο Σχημάτων/Εικόνων.....	5
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
1.1 Γενικά	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΣΑΡΩΣΗΣ	12
2.1 Τι είναι η 3Δ σάρωση λείζερ	12
2.2 Αντικείμενα 3Δ αποτύπωσης	13
2.2.1 Αντικείμενα πολιτιστικού - αρχαιολογικού - αρχιτεκτονικού ενδιαφέροντος.....	13
2.2.2 Αντικείμενα γεωλογικού - γεωτεχνικού ενδιαφέροντος	13
2.2.3 Μεγάλα τεχνικά έργα	14
2.2.4 Αντικείμενα Εξορυκτικών και Χωματουργικών εργασιών	14
2.2.5 Βιομηχανικά - μηχανολογικά αντικείμενα	14
2.2.6 Αντικείμενα εγκληματολογίας και ασφάλειας	15
2.3 Τύποι και χαρακτηριστικά επίγειων σαρωτών laser	15
2.4 Διαδικασία/μεθοδολογία Σάρωσης.....	17
2.4.1 Ανάλυση απαιτήσεων της εφαρμογής – Συνεργασία με αρμοδίους και ειδικούς....	17
2.4.2 Σχεδιασμός της σάρωσης - καθορισμός παραμέτρων.....	19
2.4.3 Προετοιμασία της σάρωσης	23
2.4.4 3Δ σάρωση (εργασία πεδίου)	24
2.4.5 Επεξεργασία πρωτογενών δεδομένων	27
2.4.6 Μετα-επεξεργασία	31
2.4.7 Αξιοποίηση παραδοτέων από τον τελικό χρήστη	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : ΡΟΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ.....	32
3.1 Οι φάσεις σε μία τυπική διαδικασία 3Δ σάρωσης	32
3.2 Ένα τυπικό workflow δεδομένων σάρωσης ενός μεγάλου αντικειμένου, με την ORTECH ILRIS 3D.....	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΥ.....	40
4.1 Περιγραφή αντικειμένου σάρωσης	40
4.2 Σχολιασμός από Ιστορικό Τέχνης-Μουσειολόγο.....	41
4.3 Σχολιασμός από Συντηρητή Μνημείων	42
4.4 Σχολιασμός από Αρχαιολόγο	43



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΜΕΤΑΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : ΧΡΗΣΕΙΣ, ΡΟΛΟΙ & ΤΥΠΟΙ 3D ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ	51
6.1 Χρήσεις 3D Αναπαράστασεων.....	51
6.1.1 Εικονικός τουρισμός και εικονικά μουσεία.	51
6.1.2 Δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού.	52
6.1.3 Εικονική τρισδιάστατη απόδοση.....	53
6.1.4 Εικονική ανακατασκευή μνημείων.....	53
6.1.5 Καταγραφή κτιρίων για ανακατασκευή ή αναπαλαίωσή.....	53
6.1.6 Μελέτη και εφαρμογή κατασκευαστικών και επανορθωτικών τεχνικών.....	53
6.1.7 Χρήση νέων οπτικών γωνιών	53
6.1.8 Ασφαλής εικονική αλληλεπίδραση	54
6.1.9 Ψηφιακή βάση τρισδιάστατων δεδομένων.....	54
6.2 Ρόλοι	54
6.2.1 Παραγωγός 3D μοντέλου.....	54
6.2.2 Χρήστης τελικού 3D μοντέλου	54
6.3 Σκοποί των χρηστών (με χρήση 3D μοντέλου).....	55
6.3.1 Αρχαιολόγοι, επιμελητές, ιστορικοί, μουσειολόγοι.....	56
6.3.2 Συντηρητές/αρχιτέκτονες:	56
6.3.3 Αρχαιολογικές εφορείες, μουσεία, πινακοθήκες, και λοιποί φορείς πολιτισμού.....	56
6.3.4 Γεωλόγοι	57
6.3.5 Κοινό.....	57
6.3.6 Εταιρείες.....	57
6.3.7 Δήμοι και υπηρεσίες πολεοδομίας	57
6.4 Τυπικά Παραγόμενα Προϊόντα 3D Τεκμηρίωσης	57
6.4.1 3D έγχρωμο (RGB) νέφος σημείων με γεωαναφορά.....	57
6.4.2 Τομές σε οποιαδήποτε θέση και προσανατολισμό.....	57
6.4.3 Μετρήσεις κάθε είδους διαστάσεων και υπολογισμός όγκων.....	58
6.4.4 3D διανυσματικά σχέδια απόδοσης χαρακτηριστικών	58
6.4.5 3D πολυγωνικά μοντέλα	58
6.4.6 Χάρτες και αναφορές σύγκρισης και αποκλίσεων νεφών ή/και 3D μοντέλων.....	58
6.4.7 Ορθοφωτογραφίες.....	59
6.4.8 3D φωτορεαλιστικά μοντέλα, μοντέλα VRML	59
6.4.9 Video περιήγησης νεφών, μοντέλων	59
6.5 Είδη 3D αρχείων.....	60



6.6 Παραγόμενα Προϊόντα ανά χρήση.....	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ 3Δ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΕΥΡΕΙΑΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ	65
7.1 Αναλυτική απαιτούμενη καταγραφή των διαδικασιών/ γεγονότων	65
7.1.1 Αναλυτική καταγραφή δεδομένων για το κυρίως έργο.....	65
7.1.2 Αναλυτική καταγραφή της διαδικασίας απόκτησης 3Δ δεδομένων.....	66
7.1.3 Αναλυτική καταγραφή της διαδικασίας επεξεργασίας 3Δ δεδομένων	68
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	71
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	73



Ευρετήριο Σχημάτων/Εικόνων

Σχήμα 1:	Σαρωτής laser (Ortech ILRIS 36D) και νέφος σημείων αντικειμένου πολιτιστικού ενδιαφέροντος	9
Σχήμα 2:	Μετάβαση από το έγχρωμο νέφος σημείων στο πολυγωνικό μοντέλο του αντικειμένου	10
Σχήμα 3:	Διαδικασία παραγωγής και τεκμηρίωσης τρισδιάστατων αναπαραστάσεων	11
Εικόνα 4:	Αντικείμενα πολιτιστικού - αρχαιολογικού - αρχιτεκτονικού ενδιαφέροντος.	13
Εικόνα 5:	Αντικείμενα γεωλογικού - γεωτεχνικού ενδιαφέροντος	14
Εικόνα 6:	3D Τεκμηρίωση μεγάλων τεχνικών έργων	14
Εικόνα 7:	3D Τεκμηρίωση Εξορυκτικών και Χωματοургικών εργασιών	14
Εικόνα 8:	3D Τεκμηρίωση Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων	15
Εικόνα 9:	3D Τεκμηρίωση Αυτοκινητικού Ατυχήματος	15
Εικόνα 10:	Οι φάσεις σε μία τυπική διαδικασία 3D σάρωσης.	32
Εικόνα 11:	Μοντέλο Διαχείρισης Ροής Εργασιών	47
Εικόνα 11:	Μοντέλο Αναφοράς Ροής Εργασιών	48
Εικόνα 13:	Τυπικά Παραγόμενα Προϊόντα 3D Τεκμηρίωσης: 3D νέφη σημείων με γεωαναφορά.	57
Εικόνα 14:	Τυπικά Παραγόμενα Προϊόντα 3D Τεκμηρίωσης: Τομές σε οποιαδήποτε θέση και προσανατολισμό	58
Εικόνα 15:	Τυπικά Παραγόμενα Προϊόντα 3D Τεκμηρίωσης: Μετρήσεις κάθε είδους διαστάσεων και υπολογισμός όγκων	58
Εικόνα 16:	Τυπικά Παραγόμενα Προϊόντα 3D Τεκμηρίωσης: διανυσματικά σχέδια απόδοσης χαρακτηριστικών	58
Εικόνα 17:	Τυπικά Παραγόμενα Προϊόντα 3D Τεκμηρίωσης: 3D πολυγωνικά μοντέλα	58
Εικόνα 17:	Τυπικά Παραγόμενα Προϊόντα 3D Τεκμηρίωσης: Χάρτες και αναφορές σύγκρισης και αποκλίσεων νεφών ή/και 3D μοντέλων	59
Εικόνα 19:	Τυπικά Παραγόμενα Προϊόντα 3D Τεκμηρίωσης: Ορθοφωτογραφίες ...	59
Εικόνα 20:	Τυπικά Παραγόμενα Προϊόντα 3D Τεκμηρίωσης: φωτορεαλιστικά μοντέλα, μοντέλα VRML	59
Εικόνα 21:	Τυπικά Παραγόμενα Προϊόντα 3D Τεκμηρίωσης: Video περιήγησης νεφών, μοντέλων	59



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή του Πολυτεχνείου Κρήτης Νικόλαο Μπιλάλη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της παρούσας εργασίας και όλη την καθοδήγηση κατά την διάρκεια της εκπόνησής της. Επίσης ευχαριστώ τα μέλη της τριμελούς μου επιτροπής Καθηγητές του Π.Κ. Αριστομένη Αντωνιάδη και Μουστάκη Βασίλειο για την συμμετοχή τους και τις παρατηρήσεις τους.

Σημαντική βοήθεια για την ολοκλήρωση της μελέτης είχα από τον κ. Μιχάλη Ξινόγαλο, Τεχνικό Διευθυντή της εταιρίας Αστολάβος Α.Ε. ο οποίος μου παρείχε πολύτιμες τεχνικές συμβουλές για την διαδικασία της 3D τεκμηρίωσης ευρείας κλίμακας, τον οποίο ευχαριστώ θερμά. Επίσης ευχαριστώ πολύ την Μυρτώ Κοντομυτάκη, Μουσειολόγο & Ιστορικό Τέχνης για τις συμβολές στην ανάλυση απαιτήσεων από την πλευρά ενός μουσειολόγου & ιστορικού τέχνης.

Επιπλέον ευχαριστώ πολύ τον Μανόλη Μαραβελάκη, Αναπληρωτή Καθηγητή και Δ/ντη του εργαστηρίου Σχεδιομελέτης & Κατεργασιών του ΤΕΙ Κρήτης, ο οποίος είχε την υπομονή και επιμονή να με εισάγει στον κόσμο των 3D διαστάσεων και να με βοηθήσει σημαντικά στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Κλείνοντας δεν θα μπορούσα να παραλείψω να ευχαριστήσω τα παιδιά μου Γιώργο και Εμμανουέλα για την αγάπη που μου προσέφεραν, κινητήριο δύναμη για να ολοκληρώσω τις δύσκολες απαιτήσεις του Μεταπτυχιακού Προγράμματος.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διαδικασία σάρωσης, επεξεργασίας των δεδομένων και τεκμηρίωσης αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς ευρείας κλίμακας είναι μία πολύπλοκη διαδικασία που περνά από πολλά στάδια μέχρι να καταλήξει σε ένα μοντέλο τρισδιάστατης αναπαράστασης του αντικειμένου που σαρώθηκε. Κατά την διαδικασία αυτή όλοι οι εμπλεκόμενοι (χρήστες σαρωτών, χειριστές εργαλείων επεξεργασίας δεδομένων σάρωσης, αρχαιολόγοι, πολιτικοί και αρχιτέκτονες μηχανικοί, κλπ) ακολουθούν βήματα (και οδηγίες) για την μετάβαση από το ένα στάδιο της διαδικασίας στο άλλο. Τα βήματα αυτά ακολουθούν ένα μοντέλο ροής εργασίας, στο οποίο εμπλέκονται πολλές διαφορετικές εφαρμογές (λογισμικού και υλικού) και πολλές παραμετροποιήσεις που αλλάζουν δραματικά ανάλογα τόσο με το αντικείμενο όσο και με την εφαρμογή και τον τρόπο αναπαράστασης του τρισδιάστατου μοντέλου, αλλά και με τα ζητούμενα τελικά προϊόντα. Σημαντικό βοηθητικό ρόλο μπορεί να παίξει μία καταγραφή μεταδεδομένων κατά την επεξεργασία των δεδομένων, τόσο για τα παραγόμενα αποτελέσματα, όσο και για τις παραμέτρους επεξεργασίας, προκειμένου να είναι δυνατή η ταυτοποίηση των διαδικασιών και η επιστροφή στα αρχικά δεδομένα, αλλά και η επανάληψη της επεξεργασίας τους με τις ίδιες είτε με άλλες συνθήκες (παραμέτρους).

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η ανάλυση, η αποσαφήνιση και η καταγραφή διαδικασιών και μεταδεδομένων που απαιτούνται για την παραγωγή τρισδιάστατων μοντέλων αναπαράστασης αντικειμένων αρχαιολογικού ενδιαφέροντος. Θα περιλαμβάνει διεξοδική περιγραφή των διαδικασιών σάρωσης, μελέτη ροής εργασιών δεδομένων σάρωσης, καταγραφή απαιτήσεων για σχολιασμό των τρισδιάστατων αναπαραστάσεων για την τεκμηρίωση μνημείων και καταγραφή της υπάρχουσας τυποποίησης τρισδιάστατης αναπαράστασης αντικειμένων σε συνδυασμό με μελέτη για τις χρήσεις τους και του ρόλους που εμπλέκονται. Τέλος θα παρουσιαστεί μία ολοκληρωμένη πρόταση αναλυτικής καταγραφής δεδομένων σε μία διαδικασία 3D τεκμηρίωσης ευρείας κλίμακας.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Μέχρι πρόσφατα, η δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων αρχαίων μνημείων και αντικειμένων αρχαιολογικού ενδιαφέροντος ήταν μια πολύ δύσκολη εργασία. Η δυσκολία αυτή οφειλόταν τόσο στη διαδικασία της αποτύπωσης με ικανοποιητική ακρίβεια του υπό μελέτη τρισδιάστατου μνημείου όσο και στην τρισδιάστατη αναπαράσταση και οπτικοποίηση του μοντέλου του. Παλαιότερα, η κοινή πρακτική για την αποτύπωση των μνημείων και αντικειμένων γινόταν με τη χρήση μη αυτοματοποιημένων διαδικασιών για τη μέτρηση χαρακτηριστικών σημείων του μνημείου χρησιμοποιώντας συμβατικές μεθόδους μέτρησης όπως π.χ. μετροταινίες ή - στην καλύτερη περίπτωση - γεωδαιτικοί σταθμοί. Το αποτέλεσμα σε αυτή την περίπτωση δεν ήταν το συνολικό τρισδιάστατο μοντέλο του μνημείου αλλά μία σύνθεση των μετρήσεων των χαρακτηριστικών σημείων, ώστε να προκύψουν τα στοιχεία όψεων, κατόψεων και τομών του μνημείου.

Η επίγεια τρισδιάστατη σάρωση laser (terrestrial laser scanning, TLS) είναι μια νέα και αναπτυσσόμενη τεχνολογία που προσφέρει την δυνατότητα αποτύπωσης του συνολικού τρισδιάστατου σχήματος των αντικειμένων μέσω της καταγραφής μεγάλου αριθμού σημείων (νεφών) στο χώρο σε σύντομο χρονικό διάστημα, με μεγάλη πυκνότητα και ακρίβεια, χωρίς να υπάρχει φυσική επαφή με το αντικείμενο. Η μεθοδολογία επίγειας σάρωσης laser βασίζεται στην τεχνολογία LIDAR (Light Detection And Ranging) και επιτρέπει την ταχύτατη συλλογή τρισδιάστατης μετρητικής και ταυτόχρονα ποιοτικής (χρωματικής και φωτογραφικής) πληροφορίας ομοιόμορφα κατανεμημένων 3D έγχρωμων σημείων. Η απόκτηση των δεδομένων αυτών αποτελεί το πρωταρχικό στάδιο για την δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων, η χρήση των οποίων εισβάλλει με αυξανόμενους ρυθμούς σε πολλές εφαρμογές τεκμηρίωσης μνημείων, μοντελοποίησης χώρων και σε πολυμεσικές εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας για την ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς (Εικόνα 1).

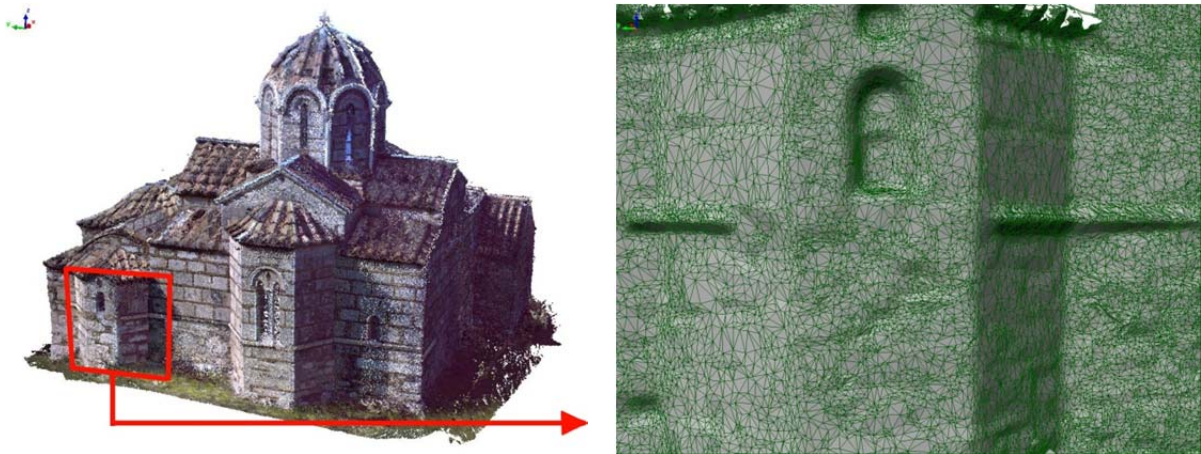


Σχήμα 1: Σαρωτής laser (Optech ILRIS 36D) και νέφος σημείων αντικειμένου πολιτιστικού ενδιαφέροντος

Έτσι τα τελευταία χρόνια οι επίγειοι σαρωτές laser έχουν εισαχθεί στις τεχνικές των αποτυπώσεων αρχαιολογικών χώρων και μνημείων για την ανάδειξη και αξιοποίηση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Κάθε μνημείο μπορεί να αποτυπωθεί με απαράμιλλη ποιότητα και ακρίβεια πληροφορίας, χωρίς κανένα περιορισμό θέσης, σχήματος, μεγέθους, προσβασιμότητας, αρκεί να είναι ορατά και εντός της εμβέλειας του σαρωτή laser. Από τα όργανα που χρησιμοποιούνται για την απόκτηση τρισδιάστατων δεδομένων οι επίγειοι τρισδιάστατοι σαρωτές laser συμβάλλουν περισσότερο στην άμεση, ταχεία και με μεγάλη πυκνότητα, σε όλη την επιφάνεια του αντικειμένου, λήψη πρωτογενών δεδομένων, απαραίτητων για τη λεπτομερή και ακριβή γεωμετρική τεκμηρίωση και μοντελοποίηση. Ως προς την ταχύτητα, οι τρισδιάστατοι επίγειοι σαρωτές laser υπερτερούν κατά πολύ έναντι όλων των συμβατικών μεθόδων αποτύπωσης.

Η διαδικασία σάρωσης, επεξεργασίας των δεδομένων και τεκμηρίωσης αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς περνά από πολλά στάδια μέχρι να καταλήξει σε ένα μοντέλο τρισδιάστατης αναπαράστασης του αντικειμένου που σαρώθηκε, ανεξάρτητα από το μέγεθος, τη μορφή και τις λοιπές ιδιαιτερότητές του (Εικόνα 2). Κατά την διαδικασία αυτή όλοι οι εμπλεκόμενοι (χρήστες σαρωτών, χειριστές εργαλείων επεξεργασίας δεδομένων σάρωσης, αρχαιολόγοι, πολιτικοί και αρχιτέκτονες μηχανικοί, κλπ) ακολουθούν βήματα (και οδηγίες) για την μετάβαση από το ένα στάδιο της διαδικασίας στο άλλο.

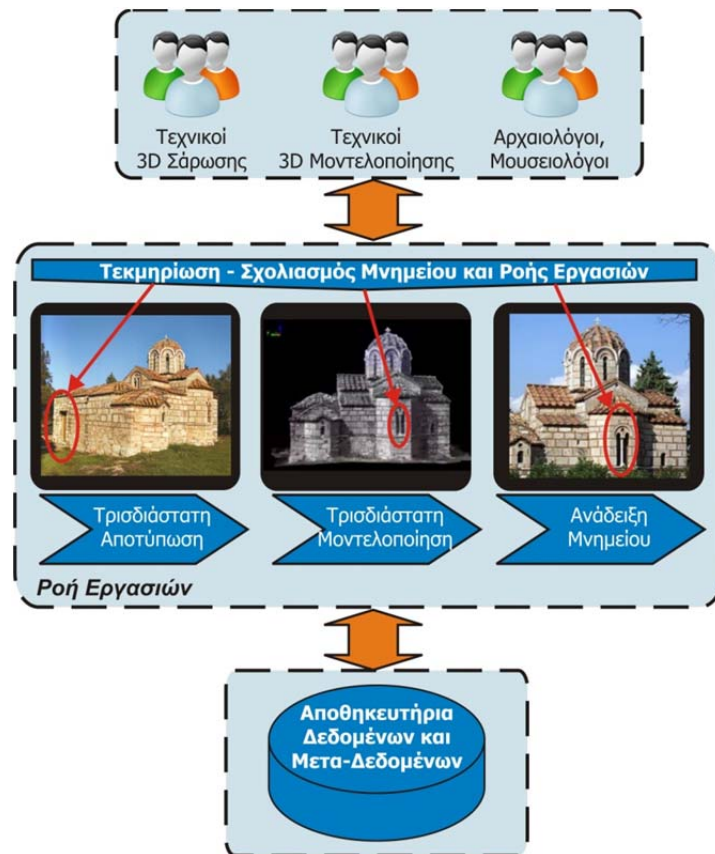
Τα βήματα αυτά ακολουθούν ένα μοντέλο ροής εργασίας, στο οποίο εμπλέκονται πολλές διαφορετικές εφαρμογές (λογισμικού και υλικού) και πολλές παραμετροποιήσεις που αλλάζουν δραματικά ανάλογα τόσο με το αντικείμενο όσο και με την εφαρμογή και τον τρόπο αναπαράστασης του τρισδιάστατου μοντέλου, αλλά και με τα ζητούμενα τελικά προϊόντα. Συχνά παρουσιάζεται το φαινόμενο στο τέλος μίας φάσης επεξεργασίας δεδομένων να επιστρέφουμε σε αρχικά δεδομένα και να αλλάζουμε παραμέτρους στην διαδικασία επεξεργασίας προκειμένου να βελτιώσουμε το τελικό αποτέλεσμα. Συχνά ακόμα παρουσιάζεται το φαινόμενο να διαπιστώνεται η απουσία δεδομένων και άρα να χρειάζονται νέα συμπληρωματικά δεδομένα προκειμένου να είναι δυνατό να παραχθεί το τελικό αποτέλεσμα.



Σχήμα 2: Μετάβαση από το έγχρωμο νέφος σημείων στο πολυγωνικό μοντέλο του αντικειμένου

Παρατηρείται, λοιπόν, το φαινόμενο, ενώ οι τεχνολογικές δυνατότητες των μεθόδων τρισδιάστατης αποτύπωσης και μοντελοποίησης αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς μέσω laser scanning υπερτερούν σαφέστατα έναντι οποιασδήποτε άλλης μεθόδου, συνδυάζοντας αξιοπιστία, πληρότητα, ακρίβεια και ταχύτητα, η πολυπλοκότητα των διαδικασιών παραγωγής αλλά και συχνά ο μεγάλος όγκος και η αδυναμία τυποποίησης των τελικών προϊόντων να αποτελούν τροχοπέδη στην χρήση των μεθόδων αυτών. Ως αποτέλεσμα, ένα σημαντικό τεχνολογικό εργαλείο ανάδειξης και αξιοποίησης των αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς δεν έχει τη διείσδυση που θα έπρεπε στην αγορά και τα αντίστοιχα προϊόντα δεν έχουν ακόμη ενσωματωθεί στις προδιαγραφές και τα ζητούμενα στοιχεία των αρχαιολογικών φορέων.

Τη λύση στα παραπάνω προβλήματα της πολυπλοκότητας των διαδικασιών παραγωγής αλλά και των τελικών προϊόντων μπορεί να δώσει ένα σύγχρονο, εύχρηστο και ευέλικτο σύστημα καταγραφής μεταδεδομένων (Σχήμα 3). Η καταγραφή μεταδεδομένων κατά την διαδικασία απόκτησης δεδομένων (σάρωση), τόσο για τα ίδια τα δεδομένα όσο και για την διαδικασία απόκτησης τους είναι απαραίτητη. Εξίσου απαραίτητη είναι και η καταγραφή μεταδεδομένων κατά την επεξεργασία των δεδομένων, τόσο για τα παραγόμενα αποτελέσματα, όσο και για τις παραμέτρους επεξεργασίας, προκειμένου να είναι δυνατή η ταυτοποίηση των διαδικασιών και η επιστροφή στα αρχικά δεδομένα, αλλά και η επανάληψη της επεξεργασίας τους με τις ίδιες είτε με άλλες συνθήκες (παραμέτρους).



Σχήμα 3: Διαδικασία παραγωγής και τεκμηρίωσης τρισδιάστατων αναπαραστάσεων.

Επίσης καθόλη την διαδικασία τόσο της ανάκτησης δεδομένων (σάρωση) όσο και την επεξεργασίας τους είναι απαραίτητη η δυνατότητα να γίνεται σχολιασμός, τόσο για την ίδια την διαδικασία, όσο και για τα παραγόμενα δεδομένα (π.χ. τρισδιάστατα μοντέλα), είτε για τμήματα αυτών (π.χ. σχολιασμός για ένα συγκεκριμένο παράθυρο μιας τρισδιάστατης αναπαράστασης ενός μνημείου κλπ).

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η ανάλυση και αποσαφήνιση διαδικασιών και μεταδεδομένων που απαιτούνται για την παραγωγή τρισδιάστατων μοντέλων αναπαράστασης αντικειμένων αρχαιολογικού ενδιαφέροντος με στόχο μία ολοκληρωμένη ανάλυση και μελέτη απαιτήσεων.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΣΑΡΩΣΗΣ

2.1 Τι είναι η 3D σάρωση λέιζερ

Η 3D σάρωση laser (3D laser scanning) είναι μέθοδος ταχείας συλλογής χωρικών μετρητικών δεδομένων εξ αποστάσεως (μέθοδος μη επαφής) με σκοπό την αποτύπωση και καταγραφή του συνολικού τρισδιάστατου γεωμετρικού σχήματος των αντικειμένων, καθώς και χρωματικής - φωτογραφικής πληροφορίας.

Βασίζεται στην τεχνολογία LIDAR (Light Detection And Ranging) ή Laser Radar: προσδιορισμός απόστασης και θέσης αντικειμένου με την αποστολή και λήψη δέσμης laser μέσω καταλλήλου πομπού και δέκτη.

Μηχανισμός κατόπτρων εκτρέπει τη δέσμη ώστε να σαρώνεται συνολικά το αντικείμενο με την επιθυμητή πυκνότητα (ανάλυση). Με τις κατάλληλες μετρητικές διατάξεις οριζοντίων και κατακορύφων γωνιών προκύπτουν οι πολικές συντεταγμένες του κάθε μετρώμενου σημείου, οι οποίες μετατρέπονται σε πραγματικό χρόνο σε ορθογώνιες συντεταγμένες x, y, z .

Άμεσο προϊόν της διαδικασίας σάρωσης είναι ένα νέφος μετρητικών σημείων (pointcloud) με επιπλέον χρωματική πληροφορία ανά σημείο (x,y,z,i) ή (x,y,z,r,g,b) για κάθε θέση σάρωσης, συνήθως σε ανεξάρτητο - αυθαίρετο σύστημα συντεταγμένων.

Για τη συνολική τρισδιάστατη αποτύπωση ενός αντικειμένου συνήθως απαιτούνται περισσότερες από μία θέσεις σάρωσης. Στην περίπτωση αυτή, τα νέφη σημείων ενώνονται - ευθυγραμμίζονται (registration - alignment) με κατάλληλες τεχνικές (χρήση τεχνητών ή φυσικών στόχων, επαναληπτικοί αλγόριθμοι ICP, κλπ), ώστε να παραχθεί ένα ενιαίο νέφος σημείων από το σύνολο των μετρήσεων.

Προαιρετικά, το νέφος αυτό τελικά εντάσσεται σε ένα επιθυμητό σύστημα συντεταγμένων (επίσημο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς, τοπικό σύστημα έργου ή μελέτης, κλπ) ανάλογα με τις ανάγκες. Η διαδικασία αυτή της γεωαναφοράς (georeference ή georegistration) επιτυγχάνεται κατά κανόνα με την πραγματοποίηση

καταλλήλων τοπογραφικών μετρήσεων για τον προσδιορισμό στο επιθυμητό σύστημα της θέσης είτε των θέσεων σάρωσης, είτε χαρακτηριστικών σημείων του αντικειμένου διακριτών επί του νέφους σημείων και στη συνέχεια εφαρμογή μετασχηματισμού βασισμένου στα ομόλογα σημεία.

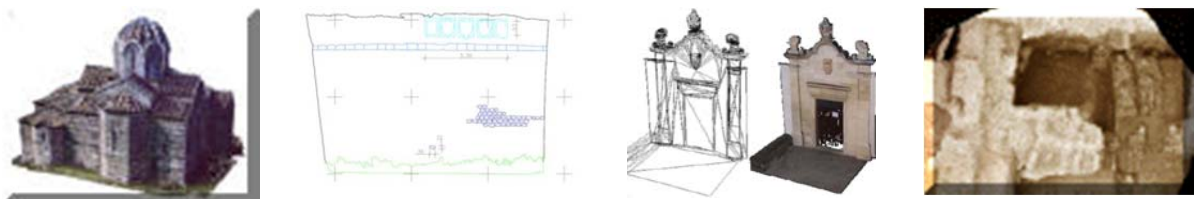
Σε επίπεδο μετα-επεξεργασίας, είναι δυνατή η αξιοποίηση του νέφους σημείων για την παραγωγή ποικίλων προϊόντων υψηλής ακρίβειας, ποιότητας και αξιοπιστίας, όπως μετρήσεις διαστάσεων ή όγκων, τομές, όψεις, διανυσματικά σχέδια, μοντέλα εδάφους, 3D μοντέλα, ορθοφωτογραφίες, μοντέλα με υφή (texture), περιηγήσεις μέσω video ή διαδραστικές περιηγήσεις μέσω πανοραμικών εικόνων ή μοντέλων, κλπ.

2.2 Αντικείμενα 3D αποτύπωσης

Τυπικά αντικείμενα μεγάλου μεγέθους που χρήζουν 3D αποτύπωσης είναι:

2.2.1 Αντικείμενα πολιτιστικού - αρχαιολογικού - αρχιτεκτονικού ενδιαφέροντος

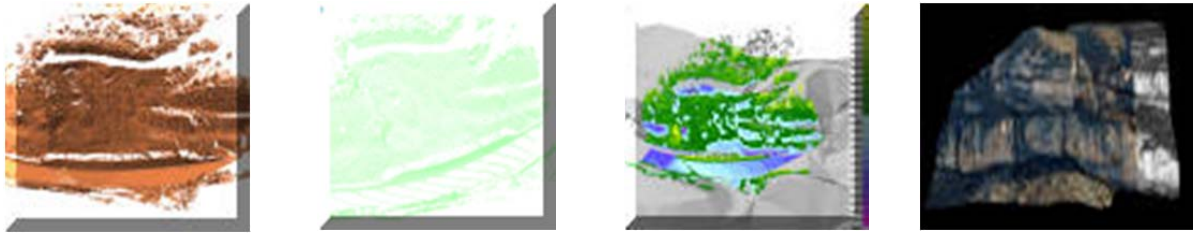
- Αγάλματα, ανάγλυφα, συνθέσεις αυτών
- Κτίσματα, κτίρια, ναοί, πύργοι, κάστρα, κλπ (εσωτερικό και εξωτερικό αυτών)
- Ανασκαφές
- Αρχαιολογικοί χώροι, περιβάλλοντες χώροι κτιρίων, τμήματα οικισμών
- Σπήλαια, υπόγειες κοιλότητες.



Εικόνα 4: Αντικείμενα πολιτιστικού - αρχαιολογικού - αρχιτεκτονικού ενδιαφέροντος.

2.2.2 Αντικείμενα γεωλογικού - γεωτεχνικού ενδιαφέροντος

- Εδαφικές επιφάνειες γεωλογικού ενδιαφέροντος
- Γεωλογικοί σχηματισμοί
- Περιοχές μετακινήσεων, κατολισθήσεων
- Πρανή ειδικού ενδιαφέροντος



Εικόνα 5: Αντικείμενα γεωλογικού - γεωτεχνικού ενδιαφέροντος

2.2.3 Μεγάλα τεχνικά έργα

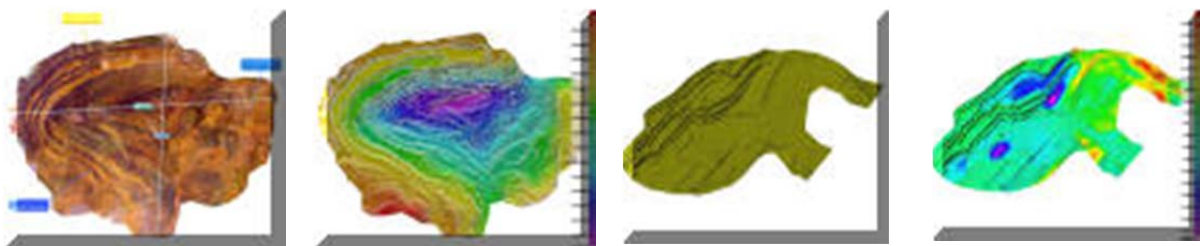
- Αυτοκινητόδρομοι, οδοί, κόμβοι
- Σιδηροδρομικά έργα
- Γέφυρες
- Σήραγγες
- Φράγματα
- Λιμενικά έργα



Εικόνα 6: 3D Τεκμηρίωση μεγάλων τεχνικών έργων

2.2.4 Αντικείμενα Εξορυκτικών και Χωματουργικών εργασιών

- Ανοιχτά - επιφανειακά (open-pit) ορυχεία , μεταλλεία, λατομεία
- Υπόγεια ορυχεία , μεταλλεία, λατομεία
- Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμάτων (ΧΥΤΑ)
- Λοιποί χώροι χωματουργικών εργασιών



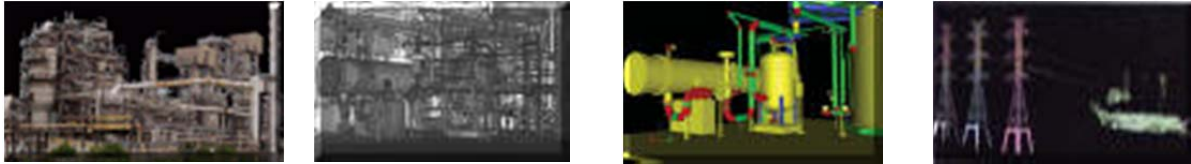
Εικόνα 7: 3D Τεκμηρίωση Εξορυκτικών και Χωματουργικών εργασιών

2.2.5 Βιομηχανικά - μηχανολογικά αντικείμενα

- Εργοστάσια
- Διυλιστήρια
- Μηχανήματα
- Πυλώνες, καλώδια, κεραίες



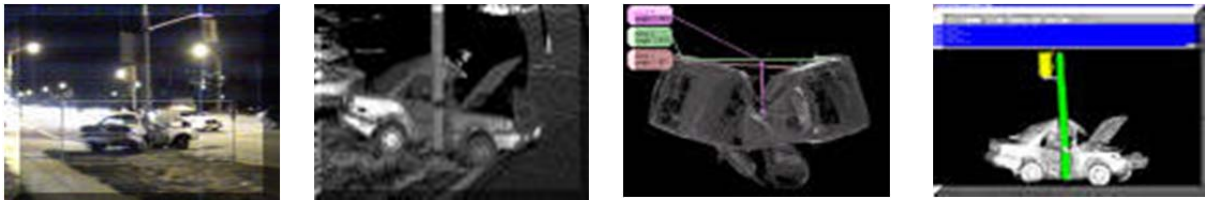
- Οχήματα (αυτοκίνητα, πλοία, αεροπλάνα, κλπ)
- Εξαρτήματα
- κλπ



Εικόνα 8: 3D Τεκμηρίωση Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων

2.2.6 Αντικείμενα εγκληματολογίας και ασφάλειας

- Θέσεις ατυχημάτων, καταστροφών
- Σκηνές εγκληματολογικού ενδιαφέροντος



Εικόνα 9: 3D Τεκμηρίωση Αυτοκινητικού Ατυχήματος

2.3 Τύποι και χαρακτηριστικά επίγειων σαρωτών laser

Οι επίγειοι σαρωτές για τα πεδία ενδιαφέροντος που εξετάζονται χρησιμοποιούν τη μέθοδο time of flight (υπολογισμός της απόστασης διά προσδιορισμού του χρόνου μετάβασης – επιστροφής του σήματος).

Ανάλογα με τη διαμόρφωση του φέροντος κύματος και με αναφορά στα σημαντικότερα πλεονεκτήματα (+) και μειονεκτήματά τους (-), διακρίνονται σε:

- Παλμού (pulse):
 - εμβέλεια (+): έως 4 km για 80-90% ανακλαστικότητα αντικειμένου
 - ταχύτητα (-): έως δεκάδες χιλιάδες σημεία ανά δευτερόλεπτο
 - ακρίβεια (-): καλύτερη από 1 cm
 - θόρυβος (+): περιορισμένος για τις περισσότερες συνθήκες μέτρησης και υλικά
- Διαφοράς φάσης (phase shift):
 - εμβέλεια (-): έως 200 m για 80-90% ανακλαστικότητα αντικειμένου
 - ταχύτητα (+): έως περίπου 1 εκατ. σημεία ανά δευτερόλεπτο
 - ακρίβεια (+): της τάξης των 1-2 mm

- Θόρυβος (-): αυξημένος σε συνθήκες έντονου φωτισμού (ήλιος) και για σκούρα υλικά

Άλλα σημαντικά χαρακτηριστικά για τη χρήση και λειτουργία των επίγειων σαρωτών είναι:

- Πεδίο λήψης (οριζόντια και κατακόρυφα)
- Ανάλυση (γωνιακή, γραμμική για δεδομένη απόσταση)
- Λοιπά χαρακτηριστικά δέσμης (spot size, divergence, κλπ)
- Διαστάσεις & βάρος
- Τροφοδοσία και αυτονομία
- Απόδοση RGB χρώματος (ενσωματωμένη κάμερα, δυνατότητα τοποθέτησης εξωτερικής)
- Interface (αυτόνομος χειρισμός, δυνατότητα ή απαίτηση χρήσης εξωτερικού χειριστηρίου, τύπος χειριστηρίου [PDA, laptop, κλπ], τρόπος επικοινωνίας χειριστηρίου [ethernet, USB, serial, bluetooth, w-lan, κλπ], λογισμικό ελέγχου
- Μέσα αποθήκευσης (εσωτερικά ή εξωτερικά)
- Ασφάλεια Laser και σχετικές προφυλάξεις

Μέχρι σήμερα υπάρχουν δεκάδες διαφορετικοί επίγειοι σαρωτές λέιζερ στο εμπόριο. Δύο από τους πιο διαδομένους παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα)



ILRIS 3D

(σαρωτής παλμού)

- Εμβέλεια από 3m έως 1200m / 1700m(ER) / 1800m (HD-ER) / 3000m (LR)
- Ακρίβεια 7mm@100m / 4mm@100m (HD&LR: averaging)
- Γωνιακό βήμα 0.001146°
- Γραμμικό βήμα 2 / 1.3mm@100m (HD)
- Ταχύτητα 2.500-3500 / 10.000



Focus3D

(σαρωτής διαφοράς φάσης)

- Εμβέλεια από 0.6m έως 120m
- Ακρίβεια 2mm@25m
- Γωνιακό βήμα 0.0090
- Γραμμικό βήμα 15mm@100m
- Ταχύτητα έως 976.000 σημείων/sec
- Πεδίο λήψης 3600 X 3050 οριζόντια και

σημείων/sec (HD&LR)	κατακόρυφα
<ul style="list-style-type: none"> • Ρομποτική βάση που παρέχει πεδίο λήψης 360° X 360° οριζόντια και κατακόρυφα • Κλάση laser (IEC 60825-1) Class I, ER:1M • Ενσωματωμένη ψηφιακή φωτογραφική μηχανή ανάλυσης 3.1 MP. Δυνατότητα προσαρμογής εξωτερικής φωτογραφικής μηχανής για καλύτερη ποιότητα. • Διαστάσεις 32x32x22cm³ και βάρος 13.0kg + 7.0kg η ρομποτική βάση • Τροφοδοσία με εξωτερικές μπαταρίες ή εξωτερική γεννήτρια ή ρεύμα 220V AC • Χειρισμός από ένα άτομο μέσω υπολογιστή παλάμης (PDA) ή Laptop με ασύρματη επικοινωνία (Wireless LAN 801.11b) ή σύνδεση Ethernet • Αποθήκευση των δεδομένων σε αποσπώμενη μνήμη USB ή/και στο laptop. 	<ul style="list-style-type: none"> • Κλάση laser (IEC 60825-1) Class 3R • Ενσωματωμένη ψηφιακή φωτογραφική μηχανή ανάλυσης έως 70 MP (για πανοραμική εικόνα) • Διαστάσεις 24x20x10cm³ και συνολικό βάρος 5.0kg • Τροφοδοσία με εσωτερική μπαταρία ή ρεύμα 220V AC • Χειρισμός από ένα άτομο μέσω της ενσωματωμένης οθόνης αφής ή μέσω Laptop με ασύρματη επικοινωνία (Wireless LAN 801.11b) • Αποθήκευση των δεδομένων σε αποσπώμενη κάρτα SD ή/και στο laptop.

2.4 Διαδικασία/μεθοδολογία Σάρωσης

Η σάρωση αντικειμένων για την παραγωγή τρισδιάστατων μοντέλων αυτών περιλαμβάνει τις παρακάτω διαδικασίες.

2.4.1 Ανάλυση απαιτήσεων της εφαρμογής – Συνεργασία με αρμοδίους και ειδικούς

Στα πλαίσια της διαδικασίας αυτής καταγράφονται υπό την μορφή κειμένου τα εξής:

- **Αντικείμενο σάρωσης:** Καθορίζεται η φύση και οριοθετείται η έκταση του προς αποτύπωση αντικειμένου (π.χ. συγκεκριμένα αρχαιολογικά αντικείμενα ή τμήμα συγκεκριμένου ορυχείου ή τμήμα αρχαίου τείχους ή εσωτερικό ενός κτιρίου, κλπ).
- **Σκοπός της σάρωσης:** Αναλόγως με τους στόχους και τα ζητούμενα αποτελέσματα του έργου, με το είδος της εφαρμογής και το αντικείμενο (π.χ. καταγραφή, τεκμηρίωση για μνημεία ή κτίρια, επιθεώρηση - αξιολόγηση για τεχνικά έργα, παρακολούθηση για ορυχεία ή κατολισθήσεις, επιμέτρηση ποσοτήτων για ορυχεία ή χωματουργικά, κλπ)
- **Ζητούμενα παραδοτέα προϊόντα:** Καθορίζεται ο τύπος και η μορφή των παραδοτέων (αναλογική σε αριθμό αντιγράφων, ψηφιακή σε μέσο και format). Π.χ. για αποτύπωση κτιρίων ή μνημείων όψεις και τομές, ορθοφωτογραφίες όψεων, κλπ, ή για αποτύπωση ορυχείου ή γεωλογικού σχηματισμού ψηφιακά

σχέδια, μοντέλα εδάφους, επιμετρητικοί πίνακες μεταβολών μεταξύ διαδοχικών φάσεων, κλπ.

- **Απαιτούμενα μετα-δεδομένα:** Συνήθως δεν ζητούνται μέχρι τώρα από τον εργοδότη, πρόσφατα προκειμένου για χαρτογραφικά - τοπογραφικά παραδοτέα έχουν αρχίσει να ζητούνται μεταδεδομένα εις εφαρμογή της οδηγίας INSPIRE, όμως δεν έχει διαμορφωθεί επίσημη προδιαγραφή και τιμολόγιο.
- **Καταγραφή απαιτήσεων σχολιασμού:** Οι προδιαγραφές σχολιασμού είναι δυνατόν να περιγράφονται κατά περίπτωση.
- **Κλίμακα σχεδίασης - εκτύπωσης παραδοτέων σχεδίων και ακρίβεια:** Οι δύο έννοιες θεωρούνται αλληλένδετες από την εποχή των αναλογικών σχεδίων, αφού θεωρείται ότι η επιθυμητή ακρίβεια είναι ίση με 0.2 έως 0.25 του μεγέθους που αντιστοιχεί σε ένα mm στο χαρτί στην κλίμακα σχεδίασης, όσο δηλαδή μπορεί να εκτιμήσει το ανθρώπινο μάτι. Προκειμένου περί ψηφιακών σχεδίων, η έννοια που έχει νόημα είναι η ακρίβεια. Καθορίζεται εν γένει σε σχέση με το μέγεθος του αντικειμένου, αλλά και το σκοπό της αποτύπωσης ανάλογα με τις ανάγκες του εργοδότη. Αποτελεί κρίσιμο παράγοντα σε όλη τη διαδικασία σχεδιασμού και εκτέλεσης της σάρωσης, από την επιλογή του κατάλληλου σαρωτή, των κατάλληλων θέσεων σάρωσης, των κατάλληλων μεθόδων ευθυγράμμισης - γεωαναφοράς, κλπ. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για ένα αρχαιολογικό ή κτιριακό αντικείμενο με μέσες απαιτήσεις ακρίβειας και χωρίς ιδιαίτερα πολύπλοκες λεπτομέρειες θεωρείται λογική κλίμακα 1:50 και ακρίβεια 1cm, ενώ για την αποτύπωση και επιμέτρηση ορυχείου κλίμακα 1:500 και ακρίβεια 10cm εν γένει θεωρείται απολύτως επαρκής. Είναι δυνατόν να διαφοροποιούνται οι απαιτήσεις οριζοντιογραφικής και υψομετρικής ακρίβειας ανάλογα με την εφαρμογή.
- **Πληρότητα – πυκνότητα:** Αφορά κυρίως την ανάλυση (resolution) της σάρωσης, δηλαδή πόσο πυκνά λαμβάνονται τα μετρώμενα σημεία πάνω στην επιφάνεια του αντικειμένου και εξαρτάται κυρίως από την πολυπλοκότητα του αντικειμένου και το ζητούμενο βαθμό λεπτομέρειας της αποτύπωσης, σε σχέση πάντοτε με το σκοπό του έργου και τις απαιτήσεις του εργοδότη. Επηρεάζει το σχεδιασμό και την εκτέλεση της σάρωσης κυρίως όσο αφορά τον χρονικό προγραμματισμό αλλά και τη διαχείριση των μετρήσεων στο γραφείο, αφού διπλασιάζοντας την ανάλυση οριζόντια και κατακόρυφα, λαμβάνονται τετραπλάσιες μετρήσεις και συνεπώς τετραπλασιάζεται ο χρόνος μέτρησης αλλά και ο όγκος των δεδομένων πεδίου. Π.χ. σε ένα μνημείο με αρκετή λεπτομέρεια η ανάλυση της σάρωσης μπορεί να είναι και < 1cm, ενώ σε ένα ορυχείο ή ένα γεωλογικό σχηματισμό ανάλυση 50cm θεωρείται επαρκέστατη.
- **Ανάγκες απόδοσης RGB χρώματος:** Προκειμένου περί εφαρμογών που απαιτούν μόνο την καταγραφή - μέτρηση της γεωμετρικής πληροφορίας (π.χ. επιμετρήσεις χωματουργικών) δεν απαιτείται κανενός είδους χρωματική πληροφορία. Οι σαρωτές laser αποδίδουν ούτως ή άλλως στα μετρώμενα σημεία την πρόσθετη πληροφορία της έντασης του ανακλώμενου σήματος (reflectance ή

intensity) που παράγει άμεσα μια ψευδο-gray-scaled χρωματική απεικόνιση του νέφους σημείων, που σε πολλές περιπτώσεις είναι επαρκής για την εξαγωγή -ερμηνεία ποιοτικών πληροφοριών (π.χ. ανίχνευση ρωγμών, φθορών σε κτίρια ή μνημεία, διάκριση υλικών, κλπ). Ανάλογα με το σκοπό και τα παραδοτέα του έργου είναι δυνατόν να απαιτείται η επιπλέον απόδοση RGB χρωματικής πληροφορίας (π.χ. αν απαιτείται η ποιοτική ερμηνεία σε πραγματικό χρώμα ή η παραγωγή έγχρωμων ορθοφωτογραφιών όψεων ή έγχρωμων περιηγήσεων video). Η εν λόγω απαίτηση επηρεάζει το σχεδιασμό και την εκτέλεση του έργου, τόσο όσον αφορά τη χρήση ενσωματωμένης ή εξωτερικής φωτογραφικής μηχανής κατά τη σάρωση με φροντίδα για κατάλληλες συνθήκες φωτισμού, όσο και την περαιτέρω επεξεργασία των μετρήσεων για τη δημιουργία των παραδοτέων.

- **Σύστημα αναφοράς:** Η γεωμετρική πληροφορία των παραδοτέων στοιχείων εκφράζεται με τη μορφή τρισδιάστατων ορθογώνιων συντεταγμένων x,y,z που αναφέρονται σε ένα σύστημα αναφοράς. Εφόσον το αντικείμενο της σάρωσης είναι σκόπιμο να εντάσσεται στον ευρύτερο γεωγραφικό χώρο της γήινης επιφάνειας (να έχει δηλαδή γεωαναφορά), τότε το σύστημα αναφοράς που ζητείται από τις προδιαγραφές είναι ένα από τα επίσημα κρατικά συστήματα της χώρας όπου εκτελούνται οι μετρήσεις (στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται συνήθως το ΕΓΣΑ'87, το σύστημα HATT και η Μερκατορική 3 μοιρών με επικρατέστερο το πρώτο) ή κάποιο διεθνές σύστημα συντεταγμένων (συνηθέστερο το WGS84 / UTM). Αυτό συνήθως συμβαίνει όταν το αντικείμενο είναι μεγάλους μεγέθους (π.χ. τεχνικό έργο, ορυχείο, κλπ). Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να προβλεφθούν κατά το σχεδιασμό και να εκτελεσθούν τοπογραφικές μετρήσεις εξαρτημένες από το προβλεπόμενο κρατικό δίκτυο για τον προσδιορισμό στο επιθυμητό σύστημα της θέσης είτε των θέσεων σάρωσης, είτε χαρακτηριστικών σημείων του αντικειμένου διακριτών επί του νέφους σημείων και στη συνέχεια εφαρμογή μετασχηματισμού βασισμένου στα ομόλογα σημεία. Όταν το αντικείμενο του έργου είναι τοπικό (π.χ. ένα οικοδομικό έργο ή ένα εργοστάσιο) συχνά η εξάρτηση των συντεταγμένων ζητείται να γίνει από το υφιστάμενο τοπικό σύστημα του έργου, οπότε και πάλι απαιτούνται τοπογραφικές μετρήσεις, τοπικού όμως χαρακτήρα. Τέλος, για αντικείμενα εντελώς τοπικού χαρακτήρα, όπως π.χ. η αποτύπωση της πρόσοψης ενός κτιρίου, είναι δυνατόν να μην απαιτείται κανενός είδους εξάρτηση, αλλά να επαρκεί ένα αυθαίρετο σύστημα συντεταγμένων.
- Χρονοδιάγραμμα εκτέλεσης του έργου και υποβολής των παραδοτέων στοιχείων

2.4.2 Σχεδιασμός της σάρωσης - καθορισμός παραμέτρων

Στην συνέχεια σχεδιάζεται επακριβώς πως θα διεξαχθεί η σάρωση. Στα πλαίσια της διαδικασίας αυτής καθορίζονται τα εξής:

- **Επιλογή εξοπλισμού:** Βασική επιλογή είναι ο σαρωτής που θα χρησιμοποιηθεί. Εξετάζονται κατ' αρχήν συνδυαστικά η απαιτούμενη εμβέλεια (που είναι ανάλογη



της απόστασης και του μεγέθους του αντικειμένου που πρόκειται να σαρωθεί) και η ζητούμενη ακρίβεια. Γενικά μικρά και κοντινά αντικείμενα (π.χ. μικρά μνημεία, κοντινές όψεις κτιρίων) που απαιτούν μεγαλύτερη ακρίβεια σαρώνονται με σαρωτή διαφοράς φάσης (FARO Focus3D) ενώ για μεγαλύτερα και μακρινά αντικείμενα που απαιτούν μέση ή μικρή ακρίβεια (γέφυρες, ορυχεία) επιλέγεται σαρωτής παλμού (OPTECH ILRIS3D). Η επιλογή πρέπει να καλύπτει όσο το δυνατόν καλύτερα και τις δύο απαιτήσεις. Σημαντικοί παράγοντες για την επιλογή είναι και η απαιτούμενη ανάλυση σε σχέση με την ταχύτητα, σημείο που υπερτερούν οι σαρωτές διαφοράς φάσης όταν απαιτούνται υψηλές αναλύσεις σε συνδυασμό με πολλές θέσεις σάρωσης (π.χ. στο εσωτερικό κτιρίων). Είναι δυνατόν να επιλεγεί η ταυτόχρονη χρήση και των δύο τύπων σαρωτών για ένα έργο όταν οι απαιτήσεις το επιβάλλουν ή κρίνεται ότι το τελικό αποτέλεσμα θα είναι καλύτερο ή θα επιτευχθεί ευκολότερα (π.χ. σε ένα διυλιστήριο μπορεί να σαρωθούν τα ψηλότερα απρόσιτα σημεία από μακριά με σαρωτή παλμού και οι κυρίως εγκαταστάσεις μεγάλης πολυπλοκότητας από κοντά με σαρωτή διαφοράς φάσης ή σε μια σήραγγα η υπερκείμενη εδαφική έκταση να σαρωθεί από μακριά με σαρωτή παλμού και το εσωτερικό της σήραγγας με τον περιορισμένο χώρο με σαρωτή διαφοράς φάσης). Η επιλογή του σαρωτή επηρεάζει προφανώς τα επόμενα στάδια σχεδιασμού και εκτέλεσης του έργου. Στην περίπτωση του σαρωτή παλμού εν γένει απαιτούνται λιγότερες θέσεις σάρωσης για να καλυφθεί το αντικείμενο και οι αναλύσεις που επιλέγονται σε σχέση πάντοτε με το χρόνο σάρωσης είναι μικρότερες. Όσον αφορά τις τεχνικές ευθυγράμμισης και γεωαναφοράς, για το σαρωτή παλμού συνήθως προτιμάται η χρήση ICP αλγορίθμων χωρίς στόχους και η τοπογραφική μέτρηση των θέσεων του σαρωτή, ενώ για το σαρωτή διαφοράς φάσης συνήθως επιλέγεται η χρήση στόχων και η τοπογραφική μέτρηση μερικών από αυτούς, χωρίς πάντως οι παραπάνω επιλογές να είναι απολύτως μονοσήμαντες.

- **Θέσεις λήψης / κάλυψη αντικειμένου:** Ανάλογα με το μέγεθος, την απόσταση, τη μορφολογία του αντικειμένου και τα χαρακτηριστικά του σαρωτή που έχει επιλεγεί, καθορίζονται οι θέσεις σάρωσης ώστε να καλύπτεται κατά τον βέλτιστο τρόπο το συνολικό αντικείμενο. Βασικά κριτήρια είναι (κατά το δυνατόν) να μην απομένουν κρυφά σημεία του αντικειμένου τα οποία δεν θα σαρωθούν από καμία θέση, να υπάρχουν επαρκείς επικαλύψεις στις σαρώσεις από διαδοχικές θέσεις για να διευκολύνεται η ευθυγράμμιση με αλγορίθμους ICP εφόσον απαιτηθεί, να ευρίσκεται το αντικείμενο εντός της ελάχιστης και μέγιστης εμβέλειας του σαρωτή και βεβαίως να είναι οι θέσεις όσο το δυνατόν πιο ασφαλείς για το προσωπικό και τον εξοπλισμό (π.χ. όχι πάνω σε δρόμους υψηλής κυκλοφορίας ή σε ασταθή πρανή), ευχερέστερα προσβάσιμες και όσο το δυνατόν λιγότερες για να ελαχιστοποιείται η απαιτούμενη εργασία. Οι θέσεις συνήθως σημειώνονται σε κάποιο αναλογικό (π.χ. διαθέσιμες κατόψεις κτιρίου σε χαρτί) ή ψηφιακό υπόβαθρο (π.χ. δορυφορικές εικόνες ορυχείου από Google Earth) του χώρου όπου θα πραγματοποιηθεί η σάρωση και αριθμούνται κατάλληλα.

- Ανάλυση / ποιότητα / χρόνος σάρωσης ανά θέση:** Σε συνέχεια των ανωτέρω επιλογών και σε σχέση με τις ανάγκες του έργου όσον αφορά τη ζητούμενη λεπτομέρεια αποτύπωσης, όπως βεβαίως και τα χαρακτηριστικά του σαρωτή που έχει επιλεγεί, καθορίζεται η ανάλυση και η ποιότητα της σάρωσης, λαμβάνοντας υπόψη και τον χρόνο που θα χρειασθεί για κάθε θέση. Οι παράμετροι μπορεί να διαφέρουν από θέση σε θέση κυρίως λόγω διαφοροποιήσεων στο βαθμό λεπτομέρειας και τη μορφολογία του αντικειμένου, αλλά και σε σχέση με την απόσταση από το αντικείμενο. Η ανάλυση επιλέγεται με τη λογική της ελάχιστης απόστασης μεταξύ διαδοχικών σημείων οριζόντια και κατακόρυφα επί του αντικειμένου, για δεδομένη απόσταση σάρωσης. Για παράδειγμα σε ένα ορυχείο μια συνηθισμένη ανάλυση είναι 50cm@500m (50cm απόσταση μεταξύ των μετρώμενων σημείων επί του αντικειμένου στα 500m απόσταση σάρωσης), ενώ σε ένα κτίριο μπορεί να είναι 1cm@25m. Η ανάλυση καθορίζει τον αριθμό των σημείων που θα μετρηθούν για μια δεδομένη περιοχή σάρωσης από μια θέση και συνεπώς τον χρόνο που θα χρειασθεί για την ολοκλήρωση της σάρωσης από τη θέση αυτή, αφού η ταχύτητα του σαρωτή εκφράζεται σε σημεία/sec. Η επιλογή της ποιότητας σχετίζεται με την δυνατότητα που παρέχουν οι σαρωτές για περιορισμό του θορύβου μέσω επαναληπτικών μετρήσεων για κάθε μετρώμενο σημείο, οπότε βελτιώνεται η ποιότητα και ακρίβεια της μέτρησης και περιορίζεται ο θόρυβος των μετρήσεων. Οι επιλογές ποιότητας προφανώς επηρεάζουν την ταχύτητα σάρωσης αφού αν επιλεγεί π.χ. το κάθε σημείο να προκύπτει ως ο μέσος όρος 3 μετρήσεων, ο χρόνος σάρωσης προφανώς τριπλασιάζεται. Η ποιότητα επιλέγεται ανάλογα με τις απαιτήσεις ακρίβειας και αξιοπιστίας των δεδομένων σε σχέση με το είδος του αντικειμένου που σαρώνεται (π.χ. σε ένα αρχαιολογικό αντικείμενο μικρών διαστάσεων που πρέπει να μοντελοποιηθεί με μεγάλη ακρίβεια η ποιότητα καλό είναι να είναι υψηλή εις βάρος του χρόνου) αλλά και τις συνθήκες μέτρησης (π.χ. για τους σαρωτές διαφοράς φάσης η σάρωση κάτω από έντονο ηλιακό φως δημιουργεί θόρυβο στις μετρήσεις που καλό είναι να περιορίζεται με την επιλογή αυξημένης ποιότητας). Είναι προφανές ότι επιδιώκεται η εύρεση της "χρυσής τομής" όσον αφορά τις επιλογές ανάλυσης και ποιότητας σε σχέση με το χρόνο που θα απαιτηθεί για τις εργασίες σάρωσης.
- Τρόπος σάρωσης ανά θέση:** Ειδικά για το σαρωτή παλμού OPTECH ILRIS3D όταν χρησιμοποιεί τη ρομποτική βάση περιστροφής, υπάρχουν δύο διαθέσιμα scanning modes: step'n'stare και profile scan. Ο πρώτος τρόπος στρέφει τη βάση σε προκαθορισμένες θέσεις (10, 12 ή 15 κατ' επιλογή) ώστε να καλύψει το σύνολο των 360 μοιρών οριζόντια και κατόπιν για κάθε θέση σαρώνει ένα πλαίσιο εύρους 40°X40° μετακινώντας μόνο τα εσωτερικά κάτοπτρα του σαρωτή. Ο δεύτερος τρόπος σαρώνει συνεχώς μια κατακόρυφη γραμμή και η κάλυψη του πεδίου των 360 μοιρών επιτυγχάνεται με συνεχή περιστροφή της ρομποτικής βάσης. Η επιλογή step'n'stare είναι ακριβέστερη, αφού ελαχιστοποιούνται τα σφάλματα από την κίνηση του σερβομηχανισμού της βάσης, παρέχει τη δυνατότητα αυτοματοποιημένης απόδοσης χρώματος RGB από την εσωτερική ή εξωτερική φωτογραφική μηχανή, είναι όμως βραδύτερη αφού τμήματα του νέφους

σαρώνονται δύο φορές για επικάλυψη. Η επιλογή profile scan είναι λιγότερο ακριβής, ταχύτερη και κατά κανόνα εφαρμόζεται όταν η εφαρμογή δεν απαιτεί την καταγραφή RGB χρωματικής πληροφορίας.

- **Τεχνική ευθυγράμμισης (χρήση τεχνητών / φυσικών στόχων ή χρήση αλγορίθμων ICP):** Η επιλογή του τρόπου ευθυγράμμισης (ένωσης) των νεφών σημείων από διαφορετικές θέσεις σάρωσης αποτελεί βασικό στοιχείο του σχεδιασμού. Η τεχνική των στόχων ουσιαστικά ενώνει τα νέφη σημείων ταυτίζοντας τους κοινούς στόχους μεταξύ τους, ενώ η τεχνική ICP μοντελοποιεί πρόχειρα τα νέφη και με επαναληπτικό αλγόριθμο τα μεταφέρει στη βέλτιστη σχετική μεταξύ τους θέση με στατιστικά κριτήρια. Όπως προαναφέρθηκε, εν γένει για το σαρωτή παλμού συνήθως προτιμάται η χρήση ICP αλγορίθμων χωρίς στόχους και η τοπογραφική μέτρηση των θέσεων του σαρωτή, ενώ για το σαρωτή διαφοράς φάσης συνήθως επιλέγεται η χρήση στόχων και η τοπογραφική μέτρηση μερικών από αυτούς. Όμως η επιλογή της τεχνικής εξαρτάται και από τη φύση, μορφολογία και προσβασιμότητα του αντικειμένου και τις ιδιαιτερότητες του έργου (π.χ. σε μια κατολίσθηση πιθανότατα δεν είναι δυνατόν να τοποθετηθούν στόχοι, σε μια αρχαιολογική αποτύπωση πιθανόν η επικόλληση στόχων επί του αντικειμένου να απαγορεύεται, αλλά από την άλλη πλευρά η χρήση ICP αλγορίθμων σε σαρώσεις βιομηχανικής εγκατάστασης με πολλές στάσεις υψηλής ανάλυσης μπορεί να είναι απαγορευτική από πλευράς χρόνου). Σε περίπτωση χρήσης στόχων, ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες του έργου επιλέγεται και το είδος και το μέγεθος των στόχων που θα χρησιμοποιηθούν. Οι στόχοι είναι συνήθως ή τρισδιάστατοι (σφαίρες ή κώνοι) που μπορούν να αναγνωρισθούν και να προσδιορισθεί γεωμετρικά με ακρίβεια το κέντρο τους από κάθε διεύθυνση παρατήρησης, ή επίπεδοι (τύπου ασπρόμαυρης σκακιάρας ή λευκού κύκλου σε μαύρο φόντο) που αναγνωρίζονται μόνο όταν η γωνία παρατήρησής τους είναι σχετικά κάθετη στο επίπεδό τους. Το μέγεθος των στόχων είναι ανάλογο της απόστασης σάρωσης για το αντικείμενο (π.χ. σε ένα ορυχείο μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίπεδοι κυκλικοί στόχοι διαμέτρου και 1m, ενώ για ένα κτίριο μπορεί η αντίστοιχη διάμετρος να είναι της τάξης των 10cm). Απαραίτητη προϋπόθεση σε σχέση με την ανάλυση σάρωσης είναι στα νέφη σημείων να υπάρχει επαρκής αριθμός σημείων πάνω στους στόχους, ώστε αυτοί να μπορούν να αναγνωρισθούν από το λογισμικό. Επισημαίνεται ότι είναι δυνατόν ως στόχοι να χρησιμοποιηθούν κατά τη διαδικασία της ευθυγράμμισης και χαρακτηριστικά στοιχεία του αντικειμένου που σαρώνεται (οι λεγόμενοι φυσικοί στόχοι κατ' αντιδιαστολή προς τους τεχνητούς που τοποθετούμε επί του αντικειμένου ή γύρω από αυτό). Π.χ. σε μια αποτύπωση όψης κτιρίου είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ως φυσικοί στόχοι λεπτομέρειες της όψης, όπως γωνίες παραθύρων, θυρών, στοιχεία του διακόσμου, κλπ, με την προϋπόθεση ότι μπορούν να είναι με ακρίβεια διακριτά επί του νέφους σημείων. Σε κάθε περίπτωση, η χρήση φυσικών στόχων παρέχει μειωμένη ακρίβεια και συνιστάται μόνο συμπληρωματικά στους τεχνητούς στόχους ή όταν οι απαιτήσεις ακρίβειας το επιτρέπουν.

- **Τεχνική γεωαναφοράς και ανάγκες τοπογραφικής υποστήριξης (μέτρηση θέσεων σάρωσης, στόχων ή άλλων συμπληρωματικών στοιχείων μέσω δεκτών GPS ή γεωδαιτικών σταθμών - total station):** Εφόσον η γεωαναφορά σε κρατικό ή τοπικό σύστημα είναι απαίτηση του έργου, είναι ανάγκη κάποια σημεία διακριτά επί του ενιαίου μετά την ευθυγράμμιση νέφους, συμπεριλαμβανομένων των θέσεων σάρωσης να λάβουν, μέσω τοπογραφικών μετρήσεων, συντεταγμένες (x,y,z) στο σύστημα αυτό. Απαιτούνται κατ' ελάχιστον τρία τέτοια σημεία με κατάλληλη κατανομή στο χώρο, αλλά στην πράξη όσο περισσότερα είναι τόσο καλύτερα από πλευράς ακρίβειας και ελέγχου της γεωαναφοράς. Σε επίπεδο σχεδιασμού, καθορίζεται πόσα και ποια τέτοια σημεία θα μετρηθούν (θέσεις σάρωσης, τεχνητοί ή φυσικοί στόχοι) και με ποιές τοπογραφικές μεθοδολογίες και όργανα (χρήση δεκτών GPS με τεχνική static ή RTK, χρήση γεωδαιτικού σταθμού τοποθετημένου σε προϋφιστάμενες στάσεις ή στάσεις που θα προσδιορισθούν με χρήση δεκτών GPS).
- **Τεχνική απόδοσης χρώματος (gray-scaled intensity, RGB από εσωτερική ή εξωτερική κάμερα):** Ανάλογα με τις απαιτήσεις απόδοσης RGB χρώματος και της ποιότητας αυτού, καθώς και με τις δυνατότητες και τα χαρακτηριστικά του σαρωτή που έχει επιλεγεί, επιλέγεται ο τρόπος καταγραφής της RGB χρωματικής πληροφορίας. Η εσωτερική ενσωματωμένη φωτογραφική μηχανή του OPTeCH ILRIS3D παρέχει μόνο βασικές δυνατότητες καταγραφής χρώματος, συνεπώς για υψηλότερες απαιτήσεις είναι σκόπιμη η χρήση εξωτερικής καλιμπραρισμένης φωτογραφικής μηχανής τύπου DSLR προσαρμοσμένης επί του σαρωτή με την κατάλληλη βάση προσαρμογής. Η τεχνική αυτή διευκολύνει την απόδοση χρώματος στα νέφη σημείων και προτιμάται, είναι όμως δυνατή και η χρήση ανεξάρτητων φωτογραφιών του αντικειμένου, από κατάλληλες βεβαίως γωνίες λήψης. Όσον αφορά το σαρωτή FARO Focus3D, η εσωτερική φωτογραφική μηχανή του είναι επαρκής για πολύ περισσότερες περιπτώσεις, γι' αυτό και δεν παρέχεται η δυνατότητα προσαρμογής εξωτερικής φωτογραφικής μηχανής επί του σαρωτή. Σημειώνεται ότι οι σαρωτές laser αποδίδουν ούτως ή άλλως στα μετρώμενα σημεία την πρόσθετη πληροφορία της έντασης του ανακλώμενου σήματος (reflectance ή intensity) που παράγει άμεσα μια ψευδο-gray-scaled χρωματική απεικόνιση του νέφους σημείων, που σε πολλές περιπτώσεις είναι επαρκής για την εξαγωγή - ερμηνεία ποιοτικών πληροφοριών χωρίς τη χρήση RGB χρώματος.

2.4.3 Προετοιμασία της σάρωσης

- **Έλεγχος εξοπλισμού σάρωσης** (σαρωτών, χειριστηρίων, μπαταριών, μέσων αποθήκευσης, παρελκομένων): Ελέγχεται, ανάλογα με το σχεδιασμό της σάρωσης, και καταγράφεται σε φόρμα τύπου check-list η διαθεσιμότητα, η καλή κατάσταση και η ετοιμότητα λειτουργίας των στοιχείων του εξοπλισμού σάρωσης. Η καλή κατάσταση ελέγχεται εν γένει με δοκιμές του εξοπλισμού σε σχέση και με τις διαδικασίες συντήρησης και βαθμονόμησης όπου απαιτείται. Όσον αφορά την

ετοιμότητα λειτουργίας, επιβεβαιώνεται η κατάσταση φόρτισης των μπαταριών και η ύπαρξη διαθέσιμου χώρου στα μέσα αποθήκευσης.

- **Έλεγχος λοιπών τοπογραφικών οργάνων και σχετικών παρελκομένων** (αν απαιτείται): Πρόκειται για τους δέκτες GPS και τους γεωδαιτικούς σταθμούς που χρησιμοποιούνται για τις μετρήσεις γεωαναφοράς, εφόσον αυτή απαιτείται βάσει του σχεδιασμού και των απαιτήσεων. Ελέγχεται και καταγράφεται σε φόρμα τύπου check-list η διαθεσιμότητα, η καλή κατάσταση και η ετοιμότητα λειτουργίας των στοιχείων του εξοπλισμού γεωαναφοράς. Η καλή κατάσταση ελέγχεται εν γένει με δοκιμές του εξοπλισμού σε σχέση και με τις διαδικασίες συντήρησης και βαθμονόμησης όπου απαιτείται. Όσον αφορά την ετοιμότητα λειτουργίας, επιβεβαιώνεται η κατάσταση φόρτισης των μπαταριών και η ύπαρξη διαθέσιμου χώρου στα μέσα αποθήκευσης.
- **Έλεγχος - εκτύπωση - κατασκευή τεχνητών στόχων** (αν απαιτείται): Εφόσον από το σχεδιασμό και τις απαιτήσεις του έργου προβλέπεται η χρήση τεχνητών στόχων, αυτοί μπορεί να είναι στόχοι διαθέσιμοι στο εμπόριο (κυρίως σφαίρες και κώνοι), ή στόχοι που κατασκευάζονται κατά περίπτωση (συνήθως επίπεδοι στόχοι τύπου ασπρόμαυρης σκακιέρας ή λευκού κύκλου σε μαύρο φόντο που εκτυπώνονται στο κατάλληλο μέγεθος, υλικό εκτύπωσης και πλήθος βάσει του σχεδιασμού και είτε πλαστικοποιούνται για μικρά μεγέθη είτε προσαρμόζονται σε κατάλληλες επίπεδες επιφάνειες από ξύλο ή πλαστικό) προκειμένου να χρησιμοποιηθούν κατά τη διαδικασία σάρωσης. Ελέγχεται, ανάλογα με το σχεδιασμό της σάρωσης, και καταγράφεται σε φόρμα τύπου check-list η διαθεσιμότητα και η καλή κατάσταση τόσο των στόχων του εμπορίου όσο και των ιδιοκατασκευαζόμενων.
- **Ρυθμίσεις και αποθήκευση προφίλ και παραμέτρων σάρωσης:** Η δυνατότητα αυτή παρέχεται προαιρετικά από το λογισμικό επεξεργασίας FARO Scene και αφορά τη δημιουργία κατάλληλης δομής folder αποθήκευσης για το έργο σάρωσης, καθώς και προεπιλεγμένων παραμέτρων σάρωσης σε διάφορα προφίλ, τα οποία αποθηκεύονται στην κάρτα μνήμης του σαρωτή FARO Focus3D σε format xml και μπορούν να χρησιμοποιηθούν επ' ευθείας κατά τις εργασίες πεδίου, προκειμένου αυτές να διευκολυνθούν και επιταχυνθούν. Για παράδειγμα, κατά τη σάρωση εντός κτιρίου, μπορούν να δημιουργηθούν ξεχωριστοί υποφάκελοι για την οργάνωση των δεδομένων σάρωσης του εξωτερικού και του εσωτερικού ανά όροφο, ενώ μπορεί να έχουν προεπιλεγεί παράμετροι σάρωσης (ανάλυση, ποιότητα, λήψη χρώματος, κλπ) αποθηκευμένες σε προφίλ προς χρήση του χειριστή κατά περίπτωση (π.χ. σαρώσεις όψεων, σαρώσεις εσωτερικού χώρου, κλπ).

2.4.4 3D σάρωση (εργασία πεδίου)

Η διαδικασία των εργασιών πεδίου 3D σάρωσης εκτελείται συνολικά βάσει του σχεδιασμού που έχει προηγηθεί και γενικά περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

- Επιλογή - ίδρυση στάσεων - θέσεων σάρωσης



- Τοποθέτηση τεχνητών στόχων επί του αντικειμένου ή γύρω από αυτό (αν απαιτείται)
- Συναρμολόγηση σαρωτή (συμπεριλαμβανομένου χειριστηρίου και φωτογραφικής μηχανής, αν απαιτούνται) και τοποθέτηση στη θέση σάρωσης
- Επιλογή ρυθμίσεων και παραμέτρων σάρωσης (ανάλυση, ποιότητα, πεδίο λήψης, κλπ)
- Πραγματοποίηση της σάρωσης
- Επανάληψη της διαδικασίας για κάθε θέση σάρωσης
- Εκτέλεση τοπογραφικών μετρήσεων γεωαναφοράς (αν απαιτείται)

Τα αναλυτικά βήματα εργασιών για τους 2 σαρωτές που έχουμε επιλέξει σαν παράδειγμα έχουν ως εξής:



- Ίδρυση - σήμανση στάσεων - θέσεων σάρωσης.
- Τοποθέτηση τεχνητών στόχων (αν απαιτείται).
- Συναρμολόγηση τρίποδα, ρομποτικής βάσης (αν απαιτείται η κάλυψη πεδίου λήψης μεγαλύτερου από $40^{\circ} \times 40^{\circ}$), σαρωτή και τοποθέτηση σε θέση σάρωσης, εκκίνηση σαρωτή.
- Σύνδεση χειριστηρίου (PDA ή τύπου laptop, ενσύρματα μέσω ethernet ή ασύρματα μέσω w-lan). Και τα δύο χειριστήρια εκτελούν διαφορετικές εκδόσεις του ίδιου λογισμικού (Optech Controller) σε περιβάλλον Windows Mobile για το PDA και Windows για το laptop.
- Έλεγχος καλής λειτουργίας (laser on, scanner on, θερμοκρασία, τροφοδοσία, κατάσταση ρομποτικής βάσης, κλπ) από οθόνη σαρωτή.
- Εκκίνηση λογισμικού Optech Controller και επικοινωνία - σύνδεση με το σαρωτή μέσω ethernet ή w-lan και των καταλλήλων IP διευθύνσεων (που είναι συγκεκριμένες για το σαρωτή για ενσύρματη και ασύρματη επικοινωνία και αναγράφονται επί της οθόνης του).
- Ρύθμιση παραμέτρων εσωτερικής φωτογραφικής μηχανής (σε κατάλληλη φόρμα διαλόγου, επιλέγεται αρχικά προκαθορισμένο προφίλ συνθηκών,



- Ίδρυση - σήμανση στάσεων - θέσεων σάρωσης.
- Τοποθέτηση τεχνητών στόχων (αν απαιτείται).
- Συναρμολόγηση τρίποδα και σαρωτή και τοποθέτηση σε θέση σάρωσης, εκκίνηση σαρωτή.
- Έλεγχος καλής λειτουργίας και προαιρετικός έλεγχος οριζοντίωσης εντός των ανεκτών ορίων ($\pm 5^{\circ}$) από οθόνη σαρωτή.
- Προαιρετική σύνδεση χειριστηρίου τύπου laptop ασύρματα μέσω w-lan. Πρόσβαση στη ίδια ακριβώς διεπαφή μέσω browser στο laptop ή από την οθόνη αφής του σαρωτή.
- Επιλογή ονομασίας project, φακέλου και σάρωσης (μπορεί να είναι προκαθορισμένα κατά την προετοιμασία).
- Αν απαιτείται λήψη για τμήμα του οπτικού πεδίου: Επιλογή προφίλ Preview, πραγματοποίηση ταχείας σάρωσης προεπισκόπησης, επιλογή περιοχής σάρωσης επί της πανοραμικής gray scale εικόνας στην οθόνη του σαρωτή.
- Επιλογή προφίλ (προαποθηκευμένων κατά την προετοιμασία ή default) και προαιρετική πρόσθετη ρύθμιση παραμέτρων σάρωσης (ανάλυση, ποιότητα, σύλληψη χρώματος, κλπ).
- Έλεγχος και τήρηση των αποστάσεων και μέτρων ασφάλειας σχετικών με τη δέσμη

<p>π.χ. sunny bright day, indoor dark, κλπ, και κατόπιν ρυθμίζονται προαιρετικά στοιχεία όπως ταχύτητα κλείστρου - shutter speed, ισορροπίας λευκού - white balance, κλπ).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ρύθμιση παραμέτρων οριζόντιας επικάλυψης (επιτρεπόμενες τιμές 5%, 12.5% ή 20%) και tilting (κατακόρυφης θέσης από 0 - οριζόντια έως 90 μοίρες - κατακόρυφα) της ρομποτικής βάσης (αν χρησιμοποιείται). • Εκτέλεση λειτουργίας Capture για τη σύλληψη πανοραμικής εικόνας 360°x40° (με χρήση βάσης) ή 40°x40° η οποία χρησιμοποιείται στη συνέχεια για την επιλογή των περιοχών σάρωσης επ' αυτής. • Πιθανή αλλαγή παραμέτρων tilting αν δεν καλύπτεται ικανοποιητικά το αντικείμενο και επανάληψη της διαδικασίας Capture. • Επιλογή περιοχών σάρωσης (Regions Of Interest - ROI) (με κριτήριο του τμήματος ή των τμημάτων του οπτικού πεδίου που χρειάζεται να σαρωθούν) επί της εικόνας και καθορισμός παραμέτρων σάρωσης ανά ROI (οριζόντια και κατακόρυφη ανάλυση, first ή last pulse, κλπ) μέσω κατάλληλης φόρμας διαλόγου. • Επιλογή θέσης και ονομασίας αρχείων αποθήκευσης. • Επιλογή τρόπου σάρωσης (step'n'stare ή profile scan) και λειτουργίας Extended Range (ανάλογα με το μοντέλο του οργάνου). • Εκκίνηση της σάρωσης. • Παρακολούθηση της διαδικασίας μέσω του χειριστηρίου ή/και της οθόνης του σαρωτή μέχρι την ολοκλήρωσή της. Η εργασία χωρίζεται σε tasks και παρακολουθείται σε μπάρες προόδου η πρόοδος για το τρέχον task και για το σύνολο της σάρωσης. Υπάρχει η δυνατότητα για pause και συνέχιση της σάρωσης (αν π.χ. διέρχεται κάποιο εμπόδιο) καθώς και διακοπής. Επίσης, όσο διαρκεί η σάρωση, υπάρχει η δυνατότητα καταγραφής σχολίων ή παρατηρήσεων για τη συγκεκριμένη σάρωση που αποθηκεύονται σε ένα αρχείο κειμένου στο αντίστοιχο folder. • Επανάληψη της διαδικασίας για κάθε θέση σάρωσης. 	<p>του laser (ειδικά για το FARO Focus3D του οποίου το laser κατατάσσεται ως class 3R).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Εκκίνηση σάρωσης. • Παρακολούθηση της διαδικασίας από την οθόνη του σαρωτή μέχρι την ολοκλήρωσή της μέσω μπάρας προόδου. • Επανάληψη της διαδικασίας για κάθε θέση σάρωσης.
--	---

Λογισμικά που χρησιμοποιούνται στην εργασία πεδίου:

- Optech Controller για Windows Mobile ή Windows

Αποθήκευση raw data σάρωσης

4 είδη αρχείων ανά πλαίσιο σάρωσης:

- *.jpg
- *.bmp
- *.blk
- *.asc

Ανά σάρωση επιπλέον:

- <name>.hdr
- notes.txt

- Διεπαφή του FARO Focus3D

Αποθήκευση raw data σάρωσης

Ανά σάρωση:

- folder με extension .fls (περιέχει δομή αρχείων με τα raw data)
- .classid
- <name>

2.4.5 Επεξεργασία πρωτογενών δεδομένων

Κατά τη διάρκεια της σάρωσης ο laser scanner αποτυπώνει σημεία τα οποία δεν θα χρησιμοποιηθούν απαραίτητα για τη δημιουργία του μοντέλου (δέντρα, πινακίδες κ. α.). Η προετοιμασία της επεξεργασίας των μετρήσεων συνίσταται στη διαδικασία «καθαρισμού» των σημείων αυτών κάτι που επιτρέπει μια σημαντική μείωση των δεδομένων, με αποτέλεσμα την καλύτερη διαχείριση του νέφους των σημείων.

Επίσης τα σημεία που παίρνουμε από τις τρισδιάστατες σαρώσεις προσβάλλονται από μια διαταραχή που γενικά δηλώνεται ως «θόρυβος», είναι ευμετάβλητη ανάλογη με τη λειτουργία της μεθόδου μέτρησης του σαρωτή που χρησιμοποιούμε, ενώ εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας του αντικειμένου. Η επίδραση του «θορύβου» επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την ποιότητα των μοντέλων που προκύπτουν από τρισδιάστατες σαρώσεις. Η μείωση του θορύβου επιτυγχάνεται με την εφαρμογή φίλτρων -μέσα από το πρόγραμμα επεξεργασίας των μετρήσεων – τα οποία είναι ικανά να αναλύουν στατιστικούς δείκτες (μέγιστη απόσταση, μέση απόσταση και μέση τετραγωνική απόκλιση) με βάση τους υπολογισμούς που έχουν διενεργηθεί. Ένα υπερβολικό φιλτράρισμα πάντως δεν φέρνει το επιθυμητό αποτέλεσμα καθώς δεν επιτρέπει την αναγνωσιμότητα των μορφών του αντικειμένου.

Τα δεδομένα μέτρησης του laser scanner συνίστανται σε μεμονωμένα νέφη σημείων. Μετά τον καθαρισμό και την απομάκρυνση του θορύβου για να αξιοποιηθούν στο σύνολό τους θα πρέπει να αλλάξει η θέση και ο προσανατολισμός τους έτσι ώστε κάθε σκανάρισμα να χρησιμοποιεί ένα κοινό σύστημα συντεταγμένων. Η διαδικασία αυτή χαρακτηρίζεται ως cloud alignment ή registration (ευθυγράμμιση νεφών) και μπορεί να γίνει με δύο τρόπους.

1. Σύμφωνα με τον πρώτο, χρησιμοποιούνται ειδικοί στόχοι ή σφαίρες -που συμπεριλαμβάνονται στον εξοπλισμό του οργάνου – οι οποίες τοποθετούνται σε διάφορες θέσεις πάνω στο αντικείμενο, αυτές στη συνέχεια σκανάρονται με

ακρίβεια από κάθε θέση, προσδιορίζονται οι συντεταγμένες τους και τα σκαναρίσματα ενώνονται βάσει των αντίστοιχων στόχων.

2. Η δεύτερη μέθοδος ένωσης των νεφών καλείται γεωαναφορά, αυτή τη φορά κάθε νέφος προσανατολίζεται με βάση τα γνωστά σημεία των οποίων οι συντεταγμένες έχουν προσδιοριστεί από την τοπογραφική αποτύπωση. Έτσι όλα τα νέφη αναφέρονται σε ένα κοινό σύστημα αναφοράς.

Από την επεξεργασία των στοιχείων από το laser scanner εξασφαλίζεται συνήθως ένα δίκτυο το οποίο περιγράφει σε γενικές γραμμές τα επιμέρους αρχιτεκτονικά στοιχεία μιας κατασκευής. Η αναγνώριση στοιχειωδών γεωμετρικών μορφών μπορεί να γίνει με διαδικασίες ημιαυτόματες, όμως στοιχεία που αποτελούνται από σύνθετες μορφές πρέπει να πραγματοποιούνται με τρόπο εξολοκλήρου χειροκίνητο. Ο διαχωρισμός σε τμήματα ενός ιστορικού κτιρίου είναι εφικτός από άποψη κατασκευαστική, λειτουργική, δομική κλπ. Όμως γίνεται μια διαδικασία περίπλοκη αν σκεφτεί κανείς τις ιδιαιτερότητές του τόσο εξαιτίας του χειρονακτικού τρόπου κατασκευής του όσο και εξαιτίας των φθορών που έχουν υποστεί τα δομικά του στοιχεία με το πέρασμα του χρόνου. Ακόμη και ένα δάπεδο ή ένας τοίχος δεν μπορεί να περιγραφεί ακριβώς με την έννοια του επιπέδου εξαιτίας των υλικών ή των τεχνικών κατασκευής με τις οποίες πραγματοποιήθηκε. Και αν ακόμη στην έννοια αυτή του επιπέδου υπάρξει ένας βαθμός ανοχής, είναι αντιληπτή η διαφορά του επιπέδου ενός τοίχου δομημένου με πλίνθους από έναν επιχρισμένο τοίχο. Όμως η επιπεδότητα των παραπάνω στοιχείων που επικαλούμαστε είναι γεωμετρικά επιχειρήματα συνήθως αποδεκτά στην τρισδιάστατη ανάπλαση της αρχιτεκτονικής.

Ακόμη και μετά τον καθαρισμό των δεδομένων είναι σημαντικό να μειωθούν τα σημεία του νέφους σε αυτά που είναι αναγκαία. Έτσι θα μπορέσει να διαχειριστεί ο όγκος των δεδομένων και να καταστεί δυνατή η πραγματοποίηση των μοντέλων ανάλογων γεωμετρικών χαρακτηριστικών με το αρχικό. Οι αλγόριθμοι που εφαρμόζονται στα πιο διαδεδομένα λογισμικά για την επεξεργασία των νεφών των σημείων, μπορούν να συνοψιστούν στις ακόλουθες περιπτώσεις :

1. Εκατοστιαία δραστική μείωση, που εφαρμόζεται με τρόπο τυχαίο σε ολόκληρο το νέφος.
2. Ομοιογενής δραστική μείωση κατά την οποία ο χώρος διαιρείται σε κυβικά κελιά ίδιων διαστάσεων και έπειτα απαλείφονται όλα τα σημεία εκτός από ένα για κάθε κελί.
3. Δραστική μείωση με τη λειτουργία της καμπυλότητας. Πρόκειται για μια εξειδικευμένη διαδικασία που βασίζεται στην καμπυλότητα μιας στρογγυλεμένης επιφάνειας λαμβανομένης ως επιφάνειας αναφοράς, έτσι απαλείφονται περισσότερα σημεία στα ομοιογενή τμήματα ενώ αντίστοιχα διατηρούνται περισσότερα όπου η μορφολογία του αντικειμένου είναι πιο περίπλοκη.



Σύμφωνα με τα δύο πρώτα συστήματα μείωσης των σημείων δεν μεταβάλλεται ο τρόπος καταγραφής των σημείων από τον laser scanner, συνεπώς δεν γίνεται διάκριση της πυκνότητας των σημείων ανάλογα με τη μορφολογία του αντικειμένου που αποτυπώνεται. Το σύστημα που βασίζεται στην καμπυλότητα, είναι μια αυτόματη διαδικασία επιλογής των δεδομένων που παίρνουμε, η οποία μπορεί μερικώς να παρομοιαστεί με τις εργασίες κριτικής επιλογής που εκτελούνται από το χειριστή που πραγματοποιεί μια τοπογραφική αποτύπωση ή μια φωτογραμμετρική αποκατάσταση, στην οποία η δειγματοληψία εξαρτάται από τη μορφή που εξετάζεται.

Το πέρασμα στο **μοντέλο που περιγράφεται από μια επιφάνεια** γίνεται μέσω του «**τριγωνισμού**». Πρόκειται για ένα τριγωνισμένο ακανόνιστο δίκτυο (TIN- Triangular irregular network), δηλαδή ένα πλέγμα πολυγώνων, που δημιουργείται από τα σημεία του νέφους.

Η διαδικασία του τριγωνισμού περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

1. Στο πρώτο στάδιο γίνεται η **επεξεργασία των πολυγώνων**. Αρχικά γίνεται ο καθαρισμός των κατακερματισμένων πολυγώνων, δηλαδή των πολυγώνων που δεν τέμνονται με το κυρίως αντικείμενο ή που δεν διαπλέκονται (είναι μπερδεμένα). Τα πολύγωνα που δεν τέμνονται με το αντικείμενο μπορούν αυτόματα να καθαριστούν από το πρόγραμμα, ενώ τα υπόλοιπα πρέπει να καθαριστούν χειροκίνητα. Τα κενά που δημιουργούνται μετά από αυτή τη διαδικασία πρέπει να αποκατασταθούν (γεμιστούν). Ο αριθμός των κενών που θα εμφανισθούν, έγκειται στην αρτιότητα των δεδομένων και τον αριθμό των κατακερματισμένων πολυγώνων. Η αρχή του γεμίσματος των κενών στο λογισμικό βασίζεται στην κυρτότητα που υπάρχει γύρω από αυτό. Όσο μικρότερο είναι το κενό και όσο πιο καθαρά είναι τα όριά του τόσο καλύτερη είναι η ακρίβεια. Αφού καλυφθούν όλα τα κενά γίνεται εκ νέου ο καθαρισμός των πολυγώνων. Όμως κατά το γέμισμα των κενών δημιουργούνται νέα κατακερματισμένα πολύγωνα, οπότε η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να μην υπάρχουν άλλα κενά.
2. Στη συνέχεια περνάμε στο στάδιο της **προσαρμογής επιφάνειας**. Σε αυτό περιλαμβάνεται σε πρώτη φάση η κατασκευή των τομέων, δηλαδή η διαίρεση σε τομείς, που βασίζεται στην ανάλυση της επιφάνειας. Οι τομείς δεν πρέπει να χωριστούν σε πολύ μικρά κομμάτια, αλλιώς η επιφάνεια θα είναι τόσο κατακερματισμένη ώστε δεν θα μπορούν να ακολουθήσουν τα επόμενα βήματα της διαδικασίας. Βέβαια, οι τομείς δεν θα πρέπει να διαιρεθούν ούτε σε πολύ μεγάλα κομμάτια, αλλιώς η ποιότητα της επιφάνειας θα είναι κακή καθώς θα είναι δύσκολο να αποδοθεί με πιστότητα το σχήμα του νέφους των σημείων. Συνεπώς, οι τομείς είναι πολλοί και λεπτομερειακοί σε περιοχές του μνημείου με έντονα χαρακτηριστικά (έντονο ανάγλυφο) και αντίστροφα.



3. Όταν ολοκληρωθεί η επεξεργασία κατασκευής των τομέων ακολουθεί η «κατασκευή δικτύων». Τα δίκτυα μπορούν να γίνουν το ίδιο συμμετρικά και συνεκτικά με τεχνητό τρόπο. Σε γενικές γραμμές όσο πιο πυκνά είναι τα δίκτυα, τόσο πιο ακριβής είναι η επιφάνεια που περιγράφουν. Βέβαια, ένα πολύπλοκο μοντέλο με πολλές επιφάνειες έχει σαν αποτέλεσμα το αρχείο που θα δημιουργηθεί να είναι τόσο μεγάλο ώστε να μην είναι δυνατή η διαχείριση του.

Το μοντέλο σε αυτό το σημείο είναι έτοιμο για την εισαγωγή του μέσα σε κάποιο πρόγραμμα CAD. Η μεταφορά του νέφους σημείων σε σχεδιαστικά προγράμματα 2D ή 3D, επιτρέπει την παραγωγή σχεδίων (όψεις, κατόψεις, τομές) καθώς και την τρισδιάστατη θέση (3D viewing) με απόδοση της υφής των υλικών.

Σύντομη επισκόπηση της βασικής αυτής επεξεργασίας αναφέρεται στην συνέχεια:

- Καθαρισμός μη επιθυμητών σημείων
- Μείωση θορύβου
- Ευθυγραμμίσεις νεφών
- Μείωση σημείων
- Δημιουργία νεφών σημείων και απόδοση χρώματος
- Επιλύσεις τοπογραφικών μετρήσεων (αν πραγματοποιήθηκαν) για υπολογισμό συντεταγμένων θέσεων ή/και στόχων
- Γεωαναφορά νεφών
- Διαδικασίες ενοποίησης (merging), απομείωσης (subsampling), καθαρισμού επικαλύψεων (reduce overlap) για την παραγωγή ενιαίου νέφους σημείων με γεωαναφορά

Λογισμικά που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία πρωτογενών δεδομένων είναι τα ακόλουθα:

- Optech Parser
- Optech Matchview
- FARO Scene
- Innovmetric Polyworks
- JRC 3D Reconstructor
- VirtualGeo Cloudcube
- Kubit Pointcloud
- Geomagic



2.4.6 Μετα-επεξεργασία

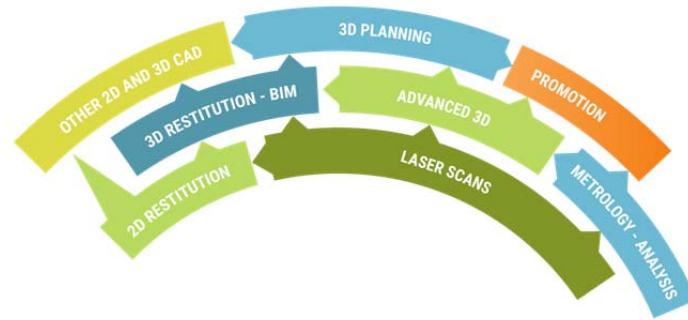
- Απόδοση 3D χαρακτηριστικών για την παραγωγή διανυσματικών σχεδίων, χαρτών, τομών, όψεων, κλπ
- Μοντελοποίηση για την παραγωγή DTM / DSM, ισοϋψών, 3D μοντέλων
- Διαδικασίες inspection (μετρήσεις, συγκρίσεις, υπολογισμοί, κλπ) για την παραγωγή συγκριτικών απεικονίσεων, σύνθετων αναφορών, ογκομετρήσεων, κλπ
- Συνδυαστική επεξεργασία ψηφιακών εικόνων για παραγωγή ορθοφωτογραφιών ή textured 3D μοντέλων
- Δημιουργία προϊόντων διαχείρισης, εποπτείας και παρουσίασης πληροφοριών (video, προσομοιώσεις, εικονικές περιηγήσεις, εφαρμογές web)

Λογισμικά που χρησιμοποιούνται στην μέτα επεξεργασία

- Innovmetric Polyworks
- JRC 3D Reconstructor
- Geomagic
- AUTOCAD

2.4.7 Αξιοποίηση παραδοτέων από τον τελικό χρήστη

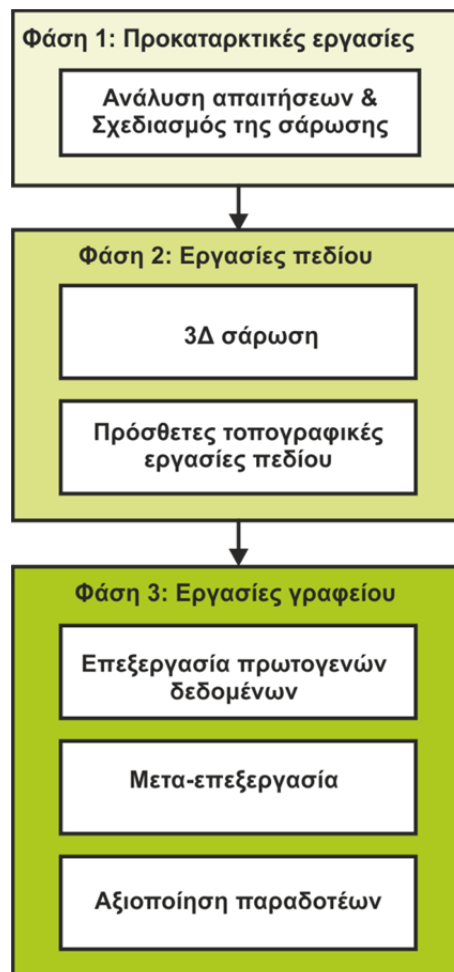
Ανάλογα με τη χρήση γίνεται εποπτεία νεφών σημείων, 3D μοντέλων, διανυσματικών χαρακτηριστικών, τομών, συγκριτικών απεικονίσεων, σχολίων, κλπ, μέσω δωρεάν λογισμικών τύπου viewer (ανάλογα με το λογισμικό επεξεργασίας που χρησιμοποιήθηκε) και εξαγωγή πρόσθετων στοιχείων μέσω λογισμικών τύπου viewer.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΡΟΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

3.1 Οι φάσεις σε μία τυπική διαδικασία 3Δ σάρωσης

Στο προηγούμενο κεφάλαιο έγινε μία αναλυτική περιγραφή μίας τυπικής διαδικασίας 3Δ σάρωσης. Σύμφωνα με αυτή τη περιγραφή η διαδικασία μπορεί να αναλυθεί σε 3 γενικές φάσεις, όπως φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 10: Οι φάσεις σε μία τυπική διαδικασία 3Δ σάρωσης.

3.2 Ένα τυπικό workflow δεδομένων σάρωσης ενός μεγάλου αντικειμένου, με την OPTECH ILRIS 3D

Στη συνέχεια θα περιγραφεί αναλυτικά ένα τυπικό workflow δεδομένων σάρωσης ενός μεγάλου αντικειμένου με τον σαρωτή ILRIS 3D της Optech.

Διαδικασία 1: Ανάλυση απαιτήσεων της εφαρμογής – Οργάνωση	
Εμπλεκόμενοι	
<ul style="list-style-type: none"> • Αρχαιολόγοι/ Μουσειολόγοι/Ιστορικοί Τέχνης • Αρχιτέκτονες • Αρχαιολογικοί φορείς • Μηχανικοί σάρωσης 	
Software	
Δεν υπάρχει	
Input data	
Συλλογή απαιτήσεων προφορικά ή γραπτά	
Output data	Παρατηρήσεις
Περιγραφή αντικειμένου σάρωσης	Δεν υπάρχει τυποποιημένη διαδικασία ούτε λογισμικό.
Σκοπός σάρωσης (π.χ. καταγραφή, τεκμηρίωση, επιθεώρηση - αξιολόγηση, παρακολούθηση, επιμέτρηση ποσοτήτων, κλπ) - Το κοινό όπου απευθύνεται και τα οφέλη από μια τέτοια δραστηριότητα	Δεν υπάρχει τυποποιημένη διαδικασία ούτε λογισμικό για την καταγραφή του σκοπού, του κοινού που απευθύνεται και για τα οφέλη.
Ζητούμενα προϊόντα	Αντικείμενα 3D αποτύπωσης (Παρ. 2.2)
Απαιτούμενα μετα-δεδομένα	
Καταγραφή απαιτήσεων σχολιασμού	
Ακρίβεια	
Πληρότητα – πυκνότητα	
Ανάγκες απόδοσης χρώματος	
Σύστημα αναφοράς – Ανάγκη Γεωδαισίας	
Χρονοδιάγραμμα εργασιών	



Επιλογή προσωπικού	
Οργανωτικά θέματα (ασφάλεια εργασίας, άδειες, πνευματικά δικαιώματα)	

Διαδικασία 2: Σχεδιασμός της σάρωσης - καθορισμός παραμέτρων και προετοιμασία σάρωσης

Εμπλεκόμενοι

Μηχανικοί σάρωσης

Software

Δεν υπάρχει! – 3ΔΣΥΣΤΕΚ

Input data

Καταγραφή παραμέτρων προφορικά ή γραπτά

Output data	Παρατηρήσεις
Επιλογή εξοπλισμού (αναλόγως απαιτούμενης εμβέλειας, ταχύτητας, ακρίβειας, κλπ)	<p>Η επιλογή του κατάλληλου επίγειου σαρωτή λέιζερ επηρεάζει όλο τον σχεδιασμό της σάρωσης και τον καθορισμό παραμέτρων. Αναλυτικότερα ανάλογα με τον σαρωτή έχουμε και έχουμε:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Διαφορετικές θέσεις λήψης (ανάλογα με την εμβέλεια του σαρωτή) • Διαφορετικό χρόνο σάρωσης ανά θέση (ανάλογα με την ταχύτητα του σαρωτή) • Διαφορετική τεχνική ευθυγράμμισης και χρήση ή όχι στόχων (ανάλογα με την μεθοδολογία του σαρωτή) • Διαφορετική ενσωμάτωση ή όχι δεδομένων GPS • Διαφορετικό τρόπο απόδοσης χρώματος (ανάλογα με το αν έχει εσωτερική ή εξωτερική κάμερα)
Θέσεις λήψης / κάλυψη αντικειμένου + Ανάλυση / χρόνος σάρωσης ανά θέση	
Τεχνική ευθυγράμμισης (χρήση των θέσεων σάρωσης ή τεχνητών / φυσικών στόχων ή χρήση αλγορίθμων ICP)	
Τεχνική γεωαναφοράς και ανάγκες τοπογραφικής υποστήριξης (μέτρηση θέσεων σάρωσης, στόχων ή άλλων συμπληρωματικών στοιχείων μέσω GPS ή total station)	
Τεχνική απόδοσης χρώματος (gray scaled intensity, RGB από εσωτερική ή εξωτερική κάμερα)	
Έλεγχος σαρωτών, μπαταριών, μέσω αποθήκευσης, παρελκομένων και λοιπών τοπογραφικών οργάνων (αν απαιτείται)	
Εκτύπωση - κατασκευή στόχων (αν	<p>Καθορίζονται εμπειρικά έτσι ώστε να υπάρξει όσο το δυνατόν πλήρης κάλυψη. Δεν υπάρχει λογισμικό για την επιλογή τους.</p> <p>Οι θέσεις λήψεως και η ανάλυση ανά θέση επηρεάζονται και από τους παρακάτω</p>



απαιτείται)	εξωτερικούς παράγοντες:
Ρυθμίσεις και αποθήκευση προφίλ και παραμέτρων σάρωσης	<ul style="list-style-type: none"> • Το εξωτερικό περιβάλλον: μετεωρολογικές συνθήκες, ποιότητα αέρα, σκόνη • Οπτικά εμπόδια • Το background του αντικειμένου • Η γεωμετρική πολυπλοκότητα του αντικειμένου • Το υλικό του αντικειμένου (πορώδες, ανακλαστικότητα)

Διαδικασία 3: 3D σάρωση (εργασία πεδίου)

Εμπλεκόμενοι

Μηχανικοί σάρωσης

Software

Optech controller

Input data	Παρατηρήσεις
Ίδρυση - σήμανση στάσεων - θέσεων σάρωσης (αν απαιτείται)	
Τοποθέτηση τεχνητών στόχων (αν απαιτείται)	Η τοποθέτηση τεχνητών στόχων γίνεται στην περίπτωση που το αντικείμενο δεν έχει ανάγλυφο, και βοηθάνε στο να γίνει η διαδικασία των ενώσεων (Registrations) πιο εύκολα.
Σύνδεση χειριστηρίου (PDA ή laptop, ενσύρματα μέσω ethernet ή ασύρματα μέσω w-lan)	Το λειτουργικό σύστημα που χρησιμοποιείται είναι τα Windows. Το λογισμικό που απαιτείται να υπάρχει και στις δύο περιπτώσεις είναι ένας Controller που είναι εγκατεστημένος στον υπολογιστή και στο PDA. Η σύνδεση με τον επίγειο σαρωτή γίνεται μέσω θύρας Ethernet για να αποφύγουμε να έχουμε παρεμβολές από άλλες συσκευές (π.χ. κινητά τηλέφωνα)
Ρύθμιση παραμέτρων εσωτερικής κάμερας και παραμέτρων επικάλυψης και tilting (κατακόρυφης θέσης) της ρομποτικής βάσης	



(αν χρησιμοποιείται).	
Εκτέλεση λειτουργίας Capture για τη σύλληψη πανοραμικής εικόνας 360x40x (με χρήση βάσης) ή 40°x40°	Η εικόνα που συλλέγεται από την εκτέλεση του Capture χρησιμεύει ως οδηγός για την επιλογή του τι δεδομένα θα πάρει ο σαρωτής.
Πιθανή αλλαγή παραμέτρων tilting αν δεν καλύπτεται ικανοποιητικά το αντικείμενο και επανάληψη της διαδικασίας Capture	
Επιλογή περιοχών σάρωσης (Regions Of Interest - ROI) επί της εικόνας και καθορισμός παραμέτρων σάρωσης ανά ROI (οριζόντια και κατακόρυφη ανάλυση, first ή last pulse, κλπ)	
Επιλογή θέσης και ονομασίας αρχείων αποθήκευσης	
Επιλογή τρόπου σάρωσης (step'n'stare ή profile scan) και λειτουργίας Extended Range (ανάλογα με το μοντέλο του οργάνου)	
Παρακολούθηση της διαδικασίας μέσω του χειριστηρίου ή/και της οθόνης του σαρωτή μέχρι την ολοκλήρωσή της	
Επανάληψη της διαδικασίας για κάθε θέση σάρωσης	<p>Η διαδικασία συλλογής δεδομένων μπορεί να διακοπεί στις εξής περιπτώσεις:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. αποφόρτιση μπαταρίας σαρωτή 2. αποφόρτιση μπαταρίας Laptop ή PDA 3. εκτέλεση εσφαλμένης λειτουργίας υπολογιστή ή PDA 4. υπερθέρμανση Laptop και 5. απώλεια σήματος συγχρονισμού σαρωτή με χειριστήριο λόγω παρεμβολών.
Output data	Παρατηρήσεις
<p>3 είδη αρχείων ανά πλαίσιο σάρωσης:</p> <ul style="list-style-type: none"> • *.jpg • *.blk • *.asc 	

Διαδικασία 4: Επεξεργασία πρωτογενών δεδομένων

Εμπλεκόμενοι

Μηχανικοί σάρωσης

Software

- Optech Parser
- Optech Matchview
- FARO Scene
- Innovmetric Polyworks

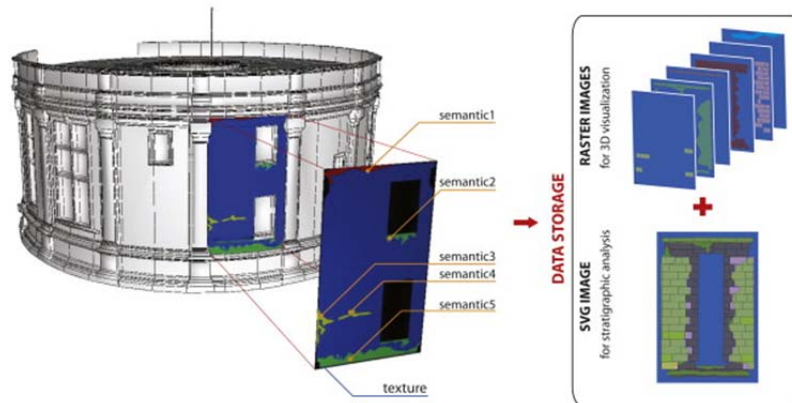
Input data	Παρατηρήσεις
<p>3 είδη αρχείων ανά πλαίσιο σάρωσης:</p> <ul style="list-style-type: none"> • *.jpg • *.blk • *.asc 	<p>Το input στην περίπτωση αυτή είναι το πρωτογενές νέφος σημείων και το output ένα επεξεργασμένο νέφος σημείων. Γίνεται συνήθως εμπειρικά μαζί με την βοήθεια κάποιων φίλτρων στα λογισμικά επεξεργασίας 3D δεδομένων</p>
Output data	Παρατηρήσεις
<p>3D έγχρωμο (RGB) νέφος σημείων με γεωαναφορά</p>	<p>Κατά τη διάρκεια της σάρωσης ο laser scanner αποτυπώνει σημεία τα οποία δεν θα χρησιμοποιηθούν απαραίτητα για τη δημιουργία του μοντέλου (δέντρα, πινακίδες κ. α.). Η προετοιμασία της επεξεργασίας των μετρήσεων συνίσταται στη διαδικασία «καθαρισμού» των σημείων αυτών κάτι που επιτρέπει μια σημαντική μείωση των δεδομένων, με αποτέλεσμα την καλύτερη διαχείριση του νέφους των σημείων.</p>
<p>xyz, dwg, polyworks, jrc.</p>	<p>Επίσης τα σημεία που παίρνουμε από τις τρισδιάστατες σαρώσεις προσβάλλονται από μια διαταραχή η οποία συνήθως φαίνεται σαν σκόρπια σημεία που δημιουργήθηκαν από τον θόρυβο και δεν αντιστοιχούν σε κάποιο πραγματικό σημείο.</p>



Διαδικασία 5: Μετα-επεξεργασία	
Εμπλεκόμενοι	
<ul style="list-style-type: none"> Μηχανικοί σάρωσης Αρχαιολόγοι/ Μουσειολόγοι/Ιστορικοί Τέχνης Αρχιτέκτονες Αρχαιολογικοί φορείς Χρήστες διαδικτύου και σχετικών εφαρμογών web 	
Software	
<ul style="list-style-type: none"> Innovmetric Polyworks JRC 3D Reconstructor Geomagic AUTOCAD 	
Input data	Παρατηρήσεις
Απαιτήσεις Χρηστών	
3D έγχρωμο (RGB) νέφος σημείων με γεωαναφορά	
xyz, dwg, polyworks, jrc.	
Output data	Παρατηρήσεις
<p>Επιλογή από όλα τα δυνατά παραγόμενα προϊόντα ανάλογα με τις απαιτήσεις:</p> <ol style="list-style-type: none"> 3D έγχρωμο (RGB) νέφος σημείων με γεωαναφορά Τομές σε οποιαδήποτε θέση και προσανατολισμό Μετρήσεις κάθε είδους διαστάσεων και υπολογισμός όγκων 3D διανυσματικά σχέδια απόδοσης χαρακτηριστικών 3D πολυγωνικά μοντέλα Χάρτες και αναφορές σύγκρισης και αποκλίσεων νεφών ή/και 3D μοντέλων Ορθοφωτογραφίες Φωτορεαλιστικά μοντέλα, μοντέλα VRML Video περιήγησης νεφών, μοντέλων 	
Αποθήκευση και διαφύλαξη του ψηφιακού πρωτότυπου υλικού	
Δημοσίευση υλικού και διάδοση της πληροφορίας	



Διαδικασία 6: Αξιοποίηση παραδοτέων από τον τελικό χρήστη	
Εμπλεκόμενοι	
<ul style="list-style-type: none"> • Αρχαιολόγοι/ Μουσειολόγοι/Ιστορικοί Τέχνης • Αρχιτέκτονες • Αρχαιολογικοί φορείς • Χρήστες διαδικτύου και σχετικών εφαρμογών web 	
Software	
<ul style="list-style-type: none"> • Innonmetric Polyworks • JRC 3D Reconstructor • Geomagic • AUTOCAD 	
Input data	Παρατηρήσεις
<ol style="list-style-type: none"> 1. 3D έγχρωμο (RGB) νέφος σημείων με γεωαναφορά 2. Τομές σε οποιαδήποτε θέση και προσανατολισμό 3. Μετρήσεις κάθε είδους διαστάσεων και υπολογισμός όγκων 4. 3D διανυσματικά σχέδια απόδοσης χαρακτηριστικών 5. 3D πολυγωνικά μοντέλα 6. Χάρτες και αναφορές σύγκρισης και αποκλίσεων νεφών ή/και 3D μοντέλων 7. Ορθοφωτογραφίες 8. Φωτορεαλιστικά μοντέλα, μοντέλα VRML 9. Video περιήγησης νεφών, μοντέλων 	Ανάλογα με τις απαιτήσεις χρηστών
Output data	Παρατηρήσεις
Εξαγωγή πρόσθετων στοιχείων μέσω λογισμικών τύπου viewer.	Εποπτεία νεφών σημείων, 3D μοντέλων, διανυσματικών χαρακτηριστικών, τομών, συγκριτικών απεικονίσεων, σχολίων, κλπ, μέσω δωρεάν λογισμικών τύπου viewer
Σχολιασμός αντικειμένων μέσω εργαλείων σχολιασμού.	
Αξιοποίηση λοιπών παραδοτέων ανάλογα με τις απαιτήσεις.	



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΥ

Κατά την διάρκεια της διαδικασίας τόσο της ανάκτησης δεδομένων (σάρωση) όσο και της επεξεργασίας τους είναι απαραίτητος ο σχολιασμός, τόσο για την ίδια την διαδικασία, όσο και για τα παραγόμενα δεδομένα τα οποία είναι τα τρισδιάστατα μοντέλα ή τμήματα αυτών (π.χ. σχολιασμός για ένα συγκεκριμένο παράθυρο μιας τρισδιάστατης αναπαράστασης ενός μνημείου κλπ).

4.1 Περιγραφή αντικειμένου σάρωσης

Ένα σημαντικό κομμάτι πληροφορίας μεταδεδομένων αφορά στην περιγραφή του αντικειμένου σάρωσης. Πολύ συχνά η περιγραφή αυτή υπάρχει σε κάποιο σύστημα διαχείρισης περιεχομένου που διατηρεί ο υπεύθυνος για το αντικείμενο φορέας.

Βασικές πληροφορίες για το αντικείμενο σάρωσης περιλαμβάνουν:

1. Ονομασία και ορισμός.

- Παροχή επίσημων πηγών απ' όπου προέρχεται η ονομασία και πιθανές παραλλαγές.-
- Ορισμοί που διαφοροποιούν ελαφρά ή αρκετά την έννοια της ονομασίας.
- Επιχειρηματολογίες καταξιωμένων ειδικών σχετικά με τα παραπάνω

2. Διαστάσεις.

- Εσωτερικές και εξωτερικές μετρήσεις, εξίσου απαραίτητες.
- Ανάλυση γεωμετρίας-σχήματος αντικειμένου – χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση του αντικειμένου (τυπολογία)

3. Υλικό / υλικά κατασκευής.

- Παροχή δυνατότητας εντοπισμού και ορισμού ακριβούς ή κατά προσέγγιση χρονολογίας χρήσης των συγκεκριμένων υλικών που αποτελούν το αντικείμενο.

4. Χρώμα.

- Ακριβείς ή πιθανές αποχρώσεις του αντικειμένου, συμπεριλαμβανομένων των σχετικών αλλοιώσεων.



5. Χρήση.

- a. Ακριβής ή πιθανή χρήση του αντικειμένου, πάντα με βάση συγκεκριμένες πηγές, οι οποίες θα αναφέρονται.

6. Κατάσταση.

- a. Παροχή μιας πρώτης εκτίμησης του κατά πόσο είναι πλήρες ή ελλιπές το αντικείμενο.
- b. Ακριβείς αλλά και πιθανές αλλαγές / προσθήκες / φθορές με την πάροδο των χρόνων.

7. Μουσείο έκθεσης / Τόπος φύλαξης ή εύρεσης.

- a. Το μουσείο, η συλλογή, η αποθήκη, η αρχαιολογική ή οποιαδήποτε τοποθεσία όπου βρίσκεται στην παρούσα χρονική στιγμή το αντικείμενο μελέτης.

8. Κείμενο επιγραφής που συνοδεύει το φυσικό αντικείμενο (ως περιεχόμενο και πηγή πληροφορίας)

4.2 Σχολιασμός από Ιστορικό Τέχνης-Μουσειολόγο

Οι απαιτήσεις του Ιστορικού Τέχνης κυμαίνονται ανάλογα με τον σκοπό της έρευνάς του. Η χρήση του συστήματος σχολιασμού θα πρέπει να είναι σχετικά απλή και ευέλικτη για τον μέσο ιστορικό τέχνης, που δεν έχει εξειδικευμένες γνώσεις ανάλογων προγραμμάτων.

Οι πλέον συνήθεις απαιτήσεις σχολιασμού περιλαμβάνουν:

1. Διαστάσεις.

- a. Παροχή δυνατότητας σύγκρισης αναλογιών, για πιθανή εξήγηση ως προς τον συγκεκριμένο σχεδιασμό

2. Υλικό / υλικά κατασκευής.

- a. Αναφορά αντίστοιχων υλικών άλλων εποχών για παρόμοιες κατασκευές
- b. Συνέπειες των αλλαγών της χρήσης των υλικών, ως προς την ανθεκτικότητα, την αισθητική, την χρήση του αντικειμένου κ.ά.

3. Χρώμα.

- a. Σύγκριση με χρωματικές παραλλαγές διαφορετικών εποχών σε αντίστοιχα αντικείμενα.
- b. Πιθανοί συμβολισμοί χρωματισμών

4. Χρήση.

- a. Επιχειρηματολογίες καταξιωμένων ειδικών σχετικά με τα παραπάνω.
- b. Συσχετισμός με το σήμερα, μέσω αναφοράς παρόμοιων κατασκευών.

5. Κατάσταση.

- a. Προτεινόμενες μορφές συντήρησης.
- b. Αναφορά πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των μορφών συντήρησης.
- c. Πιθανά αποτελέσματα ανά μορφή συντήρησης.



6. Μουσείο έκθεσης / Τόπος φύλαξης ή εύρεσης.

- a. Αναφορά των καλών ή κακών συνθηκών μέσα στις οποίες βρίσκεται το έκθεμα.
- b. Προστασία και πιθανές φθορές ως συνέπεια των παραπάνω.
- c. Προτεινόμενες και βελτιωμένες συνθήκες για το αντικείμενο.

7. Παρόμοιας χρήσης / αρχιτεκτονικής / κατηγορίας αντικείμενα.

- a. Παροχή αντίστοιχων περιπτώσεων ή και συμπληρωματικών κομματιών ή κτισμάτων που εκτιμάται ότι σχετίζονται με το αντικείμενο.
- b. Σύγκριση με αντίστοιχα αντικείμενα διαφορετικών εποχών

4.3 Σχολιασμός από Συντηρητή Μνημείων

Η λίστα σχολιασμού από την πλευρά ενός συντηρητή μνημείων είναι κατά βάση εξαρτώμενη από το εκάστοτε μνημείο, παρόλα αυτά το γενικό πλαίσιο θα πρέπει να περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία τα όποια απαιτεί μια λεπτομερής καταγραφή-τεκμηρίωση με προφανή στόχο **την μελλοντική σύγκριση με μια νέα αντίστοιχη καταγραφή-τεκμηρίωση** ώστε να μπορούμε να δούμε την πορεία του μνημείου στον χρόνο και στον χώρο και τις επιπτώσεις που προκαλεί ο χρόνος και το περιβάλλον του χώρου.

Αυτό είναι ζητούμενο για να διαμορφώνουμε καλύτερες συνθήκες περιβάλλοντος αλλά και επεμβάσεις αποκατάστασης. Οπότε η λεπτομερής καταγραφή πρέπει να δείχνει:

- 1. την έκταση των φθορών, τα βάθη (με δυνατότητα μέτρησης των σημείων/φθορών πάνω στην επιφάνεια-αποτύπωσης με ακρίβεια, ακόμη και σύγκριση αυτών),
- 2. τις απολεπίσεις – αποφλοιώσεις των χρωμάτων (αυτά προφανώς μπορεί να τα εκτιμήσει ένας συντηρητής) ,
- 3. τα κρακλε(ρωγμες) του χρώματος,
- 4. επιζωγραφίες - συγκριτικές μελέτες του υπάρχοντος χρωματικού στρώματος, παλαιότερου και πιο συγχρόνου,
- 5. τον ρόλο του συντηρητή-ειδικού,
- 6. το υλικό ,
- 7. ερμηνεία–χρονολόγηση φθορών καθώς και των τροποποιήσεων στην κατάσταση του αντικειμένου, εφόσον είναι εφικτό
- 8. υπογραφές,
- 9. κείμενα,
- 10. επιγραφές,
- 11. σημάδια,
- 12. βανδαλισμούς
- 13. σύγκριση αντικειμένων
- 14. τεκμηρίωση-σχολιασμό αναφορικά με το ιστορικό αποκαταστάσεων (που έχουν γίνει)



4.4 Σχολιασμός από Αρχαιολόγο

Το επιστημονικό υπόβαθρο του αρχαιολόγου απαιτεί ακρίβεια αναπαράστασης και πρόσβαση σε εξειδικευμένη πληροφορία. Επίσης, ο επιστημονικός σχολιασμός είναι απαραίτητο σε κάποιες περιπτώσεις να συσχετίζεται με πηγές, βιβλιογραφία, αναφορές-απόψεις ειδικών, φωτογραφίες, video , κατόψεις και διαφόρων ειδών αλληλο-συσχετιζόμενων μέσων τεκμηρίωσης.

Οι απαιτήσεις σχολιασμού επικεντρώνονται σε παρατηρήσεις που σχετίζονται με

- Την δομική περιγραφή του αντικειμένου ή των μερών του και των ιδιοτήτων τους, αποκαλύπτοντας έτσι τη σχέση με την πραγματικότητα και την πραγματική ταυτότητα (ταύτιση) αντικειμένου-μερών του και διασύνδεσής τους. Η χρωματική ανάλυση, σε συνδυασμό με τη σχηματική ανάλυση, χρησιμοποιείται και αυτή, για εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικών με την **τυπολογία** του αντικειμένου, τη **χρονολόγηση** ή τον τόπο παραγωγής-προέλευσης του αντικειμένου (απόδοση σε τοπικό εργαστήριο)
- Συγκριτική ερμηνεία χαρακτηριστικών χρησιμοποιείται για ομοιότητα-παραλληλία με άλλα αντικείμενα (όμοιας τεχνοτροπίας-στυλ, τεχνικής, συσχέτιση σχολής-εργαστηρίου)
- Αισθητική ανάλυση και παρατηρήσεις σχετικές με το εάν το αντικείμενο είναι πρωτότυπο ή αντίγραφο (σε περίπτωση κινητού)
- Συμπεράσματα για πιθανή χρήση/χρήσεις του αντικειμένου, που προκύπτουν από το σχήμα, μέγεθος, υλικό και τεχνική κατασκευής. Υποθέσεις-σενάριο χρήσης σε μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο.
- Αναγνώριση και ανάλυση σχεδίου διακόσμησης (που συμβάλλει στην ταύτιση, ταξινόμηση, χρονολόγηση του αντικειμένου). Επιπλέον, αναφορές σε ιστορικά γεγονότα ή αρχαιολογικά μνημεία που προκύπτουν έμμεσα από την απεικόνιση του διακόσμου (αναφερόμενα στοιχεία απεικόνισης – χρήσιμες ιστορικές πληροφορίες)
- Μέτρηση διαστάσεων, σωζόμενων και μη, συσχετισμός με άλλα γεγονότα, χρήσεις, επεμβάσεις ή συσχετισμός με άλλα μνημεία (σύγκριση αναλογιών)
- Πληροφορίες για τον περιβάλλοντα χώρο του ακινήτου ή την τρέχουσα θέση (ή προηγούμενη κατά την μετακίνηση) του κινητού μνημείου, και αναφορά περιβαλλοντικών συνθηκών ή συνθηκών φύλαξης και επίδρασης περιβάλλοντα χώρου στη διαμόρφωση του μνημείου, που περιγράφεται - εφόσον διαπιστωθεί
- Περιγραφή και ερμηνεία της τρέχουσας κατάστασης του μνημείου και υποθέσεις ως προς τις προηγούμενες καταστάσεις (ως προς το σχήμα, επιφάνεια, υλικά, επεμβάσεις κ.λπ.) Λαμβάνοντας υπόψη το ιστορικό επεμβάσεων/τροποποιήσεων και άλλες παραμέτρους (π.χ. συνθήκες, περιβάλλον, σωζόμενα αποσπασματικά μέρη κ.λπ.), εκτίμηση ανάγκης πιθανής αποκατάστασης του μνημείου (πρόταση επέμβασης) και γενικότερα, πρόβλεψη για το εάν το συγκεκριμένο μνημείο χρήζει ειδικής μεταχείρισης και

για ποιους λόγους, και τεκμηρίωση της πολυπλοκότητας της αποκατάστασης κατάστασης.

- Ιστορικό παλαιότερων επεμβάσεων-τροποποιήσεων που επηρέασαν τον χαρακτήρα του μνημείου ή τη χρήση του
- Αναγνώριση κατασκευαστικών φάσεων του μνημείου που τοποθετούνται σε διαφορετικές χρονικές περιόδους και χαρακτηρίζονται από διαφορετική τεχνοτροπία



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΜΕΤΑΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα μεταδεδομένα είναι δεδομένα πάνω σε άλλα δεδομένα. Είναι δεδομένα που καταγράφουν απαραίτητη πληροφορία κυρίως για ψηφιακά αντικείμενα, π.χ. φωτογραφίες, video, 3D αντικείμενα, αρχεία κ.λπ. Εκτός από ψηφιακά δεδομένα, τα μεταδεδομένα χρησιμοποιούνται επίσης για να περιγράψουν φυσικά αντικείμενα, γεγονότα και διαδικασίες. Όλα αυτά συνδέονται μεταξύ τους σε ένα Σημασιολογικό Δίκτυο.

Διακρίνουμε τα μεταδεδομένα σε αυτά που περιγράφουν διαδικασίες και σε αυτά που περιγράφουν αντικείμενα (ψηφιακά και μη) που συνδέονται με αυτά.

Η πολυπλοκότητα της δομής και η διαφορετικότητα των χαρακτηριστικών των 3D αντικειμένων, και ειδικά οι ποικίλες, διαφορετικές 3D μορφές αντικειμένων, αρχείων και 3D μοντέλων, δημιουργούν δυσκολία στη διατήρηση και διάχυση κοινής πληροφορίας για αυτά, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει κάποιο ανοικτό διεθνές πρότυπο μεταδεδομένων που να καλύπτει πλήρως τα 3D αντικείμενα ή διαδικασίες που τα αφορούν. Συνήθως χρησιμοποιούνται πιο γενικά πρότυπα μεταδεδομένων και όχι εξειδικευμένα σε 3D.

Στις περισσότερες εφαρμογές συνήθως χρησιμοποιείται ένα γενικό πρότυπο μεταδεδομένων σε συνδυασμό με ένα πιο εξειδικευμένο, συγκεκριμένου τομέα, πρότυπο μεταδεδομένων. Για παράδειγμα, σε εφαρμογές που χρησιμοποιούν 3D αντικείμενα τα οποία περιλαμβάνουν φωτογραφίες, ήχο και εικόνα, η περιγραφή των μεταδεδομένων τους βασίζεται σε πρότυπα όπως EXIF, DIG35 ή NISO Z39.87 για φωτογραφίες, Video με AAF, MXF DMS-1 ή για ακόμα πιο σύνθετα πολυμεσικά αντικείμενα (interactive 3d αντικείμενα) χρησιμοποιείται το MPEG-7, το οποίο περιγράφει τη σημασιολογία, τη γεωμετρία και τη χωροχρονική σύνθεση του αντικειμένου. Το MPEG-7 έχει όμως κάποιους περιορισμούς στη διαχείριση 3d αντικειμένων.

Σε εφαρμογές που χρησιμοποιούν **γεωδεδομένα και σχετίζονται με τρισδιάστατα μοντέλα πόλεων**, χρησιμοποιούν για παράδειγμα το πρότυπο ISO19115 σε συνδυασμό με το Dublin Core και το FGDC. Το πρότυπο ISO19115 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ορίσει μία δομή για την περιγραφή ψηφιακών γεωγραφικών/χωρικών δεδομένων. Παρέχει μεταπληροφορία που αφορά στον κατασκευαστή των δεδομένων, στην ακριβή γεωγραφική περιοχή στην οποία αναφέρονται, στην ποιότητά τους, στις τυχόν τροποποιήσεις τις οποίες υπέστησαν, ακόμη και σε θέματα σχετικά με τον διαμοιρασμό τους. Μέσω του προτύπου αυτού ορίζονται οι ακριβείς δομικές ενότητες μεταδεδομένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την περιγραφή χωρικής πληροφορίας. Η συγκεκριμένη τυποποίηση συμφωνεί με την οδηγία INSPIRE του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, η οποία εφαρμόζεται σε πληροφορίες που σχετίζονται με ένα γεωγραφικό πλαίσιο, και συνοδεύονται από μεταδεδομένα, τα οποία αφορούν, μεταξύ άλλων, τους όρους που ισχύουν για την πρόσβαση και τη χρήση των χωρικών πληροφοριών, την ποιότητα και την ισχύ των πληροφοριών αυτών, καθώς και τις δημόσιες αρχές που είναι αρμόδιες για τις πληροφορίες αυτές.

Το πρότυπο FGDC-CSDGM αποτελεί ένα ακόμη ολοκληρωμένο πρότυπο μεταδεδομένων στο οποίο προβλέπονται μεταπληροφορίες που έχουν να κάνουν με το είδος των δεδομένων, τις κατηγορίες των αναγκών που μπορεί να καλύψει η χρησιμοποίησή τους, τον γεωγραφικό χώρο στον οποίο αναφέρονται, καθώς και στις μεθόδους προσπέλασής τους.

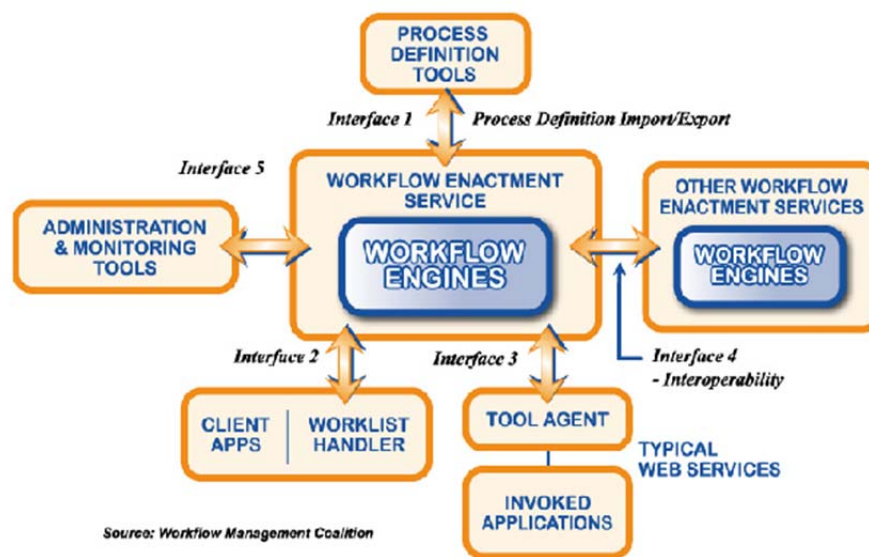
Υπάρχουν αρκετά διεθνή πρότυπα για μεταδεδομένα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να περιγράψουν τα γενικά χαρακτηριστικά ενός αντικειμένου ή ή τα χαρακτηριστικά ενός σκοπού ή μιας διαδικασίας. Ένα πολύ γενικό πρότυπο για μεταδεδομένα είναι το Dublin Core, το οποίο περιλαμβάνει ένα σύνολο 15 βασικών πεδίων για την περιγραφή γενικών πόρων πληροφοριών, και το οποίο είναι ανεπαρκές στο να περιγράψει σύνθετο πληροφοριακό υλικό και συμφραζόμενα μαζί. Αδυνατεί να περιγράψει συσχετίσεις, διαδικασίες ή φάσεις όπως π.χ. παρατηρήσεις που αφορούν επιστημονικές ή άλλου είδους δραστηριότητες που συσχετίζονται με ένα αντικείμενο.

Το CRM Core είναι ένα σχήμα μεταδεδομένων που χρησιμοποιεί και συνοψίζει την οντολογία του διεθνούς προτύπου CIDOC CRM (ISO/FDIS 21127). Έχει γεγονοκεντρική δομή (δομή που βασίζεται στην τεκμηρίωση γεγονότων και διαδικασιών) και μπορεί να καλύψει ετερογενή και σύνθετη πληροφορία που αλληλοσχετίζεται με ποικίλους τρόπους. Το CIDOC CRM μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την αναπαράσταση μεταδεδομένων και για την τεκμηρίωση σύνθετων περιεχομένων (σημασιολογίας) αντικειμένων.

Το CRM Core περιγράφει τα μεταδεδομένα για ένα συγκεκριμένο στοιχείο και βασίζεται στα γεγονότα, που ορίζει ως διαδικασίες αλληλοσχετιζόμενες μεταξύ τους. Με αυτόν τον τρόπο έχει την ικανότητα να τεκμηριώνει πολύπλοκα δίκτυα παράστασης γνώσης και να επιτυγχάνει ικανοποιητική ενσωμάτωση πληροφοριών.

Η έννοια του workflow (ροής εργασιών) επινοήθηκε στον επιχειρηματικό τομέα ως η αυτοματοποίηση μίας διαδικασίας εργασίας σε ένα σύνολο ή σε μέρη, όπου τα έγγραφα, οι πληροφορίες ή τα θέματα/έργα μεταβιβάζονται από τον ένα στον άλλο, με σκοπό τη δράση σύμφωνα με ένα σύνολο διαδικαστικών κανόνων. Ο μηχανισμός μοντελοποίησης σε ένα σύστημα διαχείρισης ροής εργασιών πρέπει να είναι ευέλικτος και γενικός.

Workflow Reference Model Diagram



Εικόνα 11: Μοντέλο Διαχείρισης Ροής Εργασιών.

Ένα γνωστό εργαλείο για τη δημιουργία επιστημονικών ροών εργασίας είναι π.χ. το Taverna. Είναι ένα εργαλείο υλοποιημένο σε Java, το οποίο περιλαμβάνει ένα γραφικό περιβάλλον, που παρέχει στον χρήστη μία γραφική διεπαφή για τη σύνθεση και εκτέλεση workflow βιοπληροφορικής. Σε αυτό, κάθε ροή εργασίας αποτελείται από έναν γράφο από processors - κάθε processor μετατρέπει ένα σετ δεδομένων εισόδου σε ένα σετ δεδομένων εξόδου. Το Taverna χρησιμοποιεί το OPM (Open Provenance Model) για τη καταγραφή μεταδεδομένων προέλευσης ροής εργασιών, το οποίο είναι ένας πρότυπος ορισμός/οντολογία για τη διάχυση μεταδεδομένων προέλευσης με τη χρήση πολλών εργαλείων. Το συγκεκριμένο μοντέλο, όμως έχει κάποιες αδυναμίες: η οντολογία του είναι μικρή και υπεραπλουστευμένη, περιλαμβάνει μόνο τρεις κλάσεις (Artefact, Process, Agent) και πέντε συσχετίσεις μεταξύ τους, παραβλέπει τη διάκριση του αντικειμένου σε υλικό και άυλο (επομένως δεν μπορεί να περιγράψει π.χ. λάθη από μηχανήματα ή απώλεια δεδομένων σε δίσκους) και δεν μοντελοποιεί ρητά την έννοια του γεγονότος (σημαντικό σε ροή εργασιών).

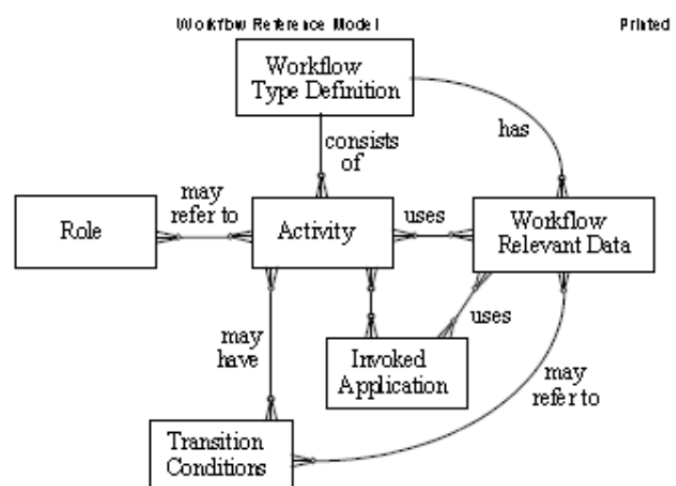
Το **Workflow Management Coalition (WfMC)** είναι μία κοινοπραξία, που δημιουργήθηκε για ορίσει **πρότυπα** για τη διαλειτουργικότητα συστημάτων διαχείρισης ροής εργασιών. Χρησιμοποιεί μία γλώσσα για την ροή εργασιών, την XPD L , που στοχεύει στην εισαγωγή και εξαγωγή ορισμών διαδικασιών ανάμεσα σε εργαλεία .

Συγκεκριμένα, χρησιμοποιεί ένα Μοντέλο Αναφοράς Ροής Εργασιών (Workflow Reference Model), το οποίο αποτελεί τη βάση των περισσότερων συστημάτων λογισμικού ροής εργασιών μέχρι σήμερα. Αναπτύχθηκε από τη γενική δομή εφαρμογής workflow με τον προσδιορισμό 5 διεπαφών που επιτρέπουν στα προϊόντα να αλληλεπιδρούν σε ποικίλα επίπεδα. Είναι ένα γενικό μοντέλο υλοποίησης συστημάτων workflow και αποτελείται από:

- εργαλεία software που υποστηρίζουν διάφορες λειτουργίες σε ένα σύστημα workflow (δημιουργούν την περιγραφή της διαδικασίας)
- τύπους ορισμού συστήματος και δεδομένα ελέγχου που χρησιμοποιούνται από τα εργαλεία software. Ο *Ορισμός Διαδικασίας* περιέχει όλες τις αναγκαίες πληροφορίες (συνθήκες έναρξης, ολοκλήρωσης, συνιστώσες δραστηριότητες και σχετικοί κανόνες, έργα χρηστών υπό ανάληψη, αναφορές σε εφαρμογές που μπορεί να καλέσουν, ορισμός workflow δεδομένων, κ.λπ.) για τη διαδικασία, ώστε να εκτελεστεί από ένα εργαλείο
- εφαρμογές databases

Επίσης, ορίζει καταστάσεις (states) διαδικασιών και δραστηριοτήτων.

Το **WfMC** ανέπτυξε και ένα μεταμοντέλο για τον προσδιορισμό της διαδικασίας που ορίζει ένα βασικό σύνολο τύπων αντικειμένων.



Εικόνα 12: Μοντέλο Αναφοράς Ροής Εργασιών.

Περιλαμβάνει οντότητες όπως:

Ορισμός τύπου Workflow

- Όνομα διαδικασίας workflow
- Αριθμός έκδοσης
- Συνθήκες έναρξης και λήξης διαδικασίας
- Δεδομένα ασφάλειας, ελέγχου κ.λπ.

Δραστηριότητα

- Όνομα δραστηριότητας
- Είδος δραστηριότητας
- Συνθήκες προ- και μετά- δραστηριότητας
- Άλλοι περιορισμοί προγραμματισμού

Συνθήκες Μετάβασης

- Συνθήκες ροής ή εκτέλεσης

Σχετικά δεδομένα Workflow

- Όνομα δεδομένων και path
- Τύπος δεδομένων

Ρόλος

- Όνομα και Οντότητα Οργανισμού

Εφαρμογή σε ενεργοποίηση

- Γενικός τύπος ή όνομα
- Παράμετροι εκτέλεσης
- Τοποθεσία ή access path

Η κριτική που ασκείται στην XPDL είναι ότι δεν είναι ιδιαίτερα εκφραστική και είναι πολύ απλοϊκή στην περιγραφή των πόρων, στη σημασιολογία γενικά, και δεν υποστηρίζει π.χ. μοντελοποίηση οργανισμών, μηχανισμών κατανομής εργασίας κ.λπ.

Το OAIS είναι ένα πρότυπο (ISO 14721:2003) που αναφέρεται σε διαδικασίες απόκτησης και προέλευσης φυσικών και ψηφιακών αντικειμένων - ειδικότερα χρησιμοποιείται ως γενικό πλαίσιο για αρχειακές έννοιες και τη ψηφιακή τους συντήρηση, και δεν προτείνει ένα αναλυτικό μοντέλο για διαδικασίες προέλευσης.

Το μοντέλο που προτείνουμε για τις ανάγκες του παρόντος έργου, βασίζεται στο CRMdig, ένα μοντέλο-επέκταση του CIDOC CRM, το οποίο είναι πιο πλούσιο εννοιολογικά από το OPM, και ικανό να μοντελοποιεί γενικά τις διαδικασίες

προέλευσης και δημιουργίας των ψηφιακών αντικειμένων (δημιουργία-συντήρηση επιστημονικών δεδομένων, επεξεργασία πρωτογενών δεδομένων με παραμετροποίηση επεξεργασίας, π.χ. μετρήσεις, διαδικασίες παραγωγής μεταξύ input και output, αναφορά σε βήματα-συσχετίσεις διαδικασιών, συσχετίσεις/συγκρίσεις δεδομένων, κ.λ.π.).

Οι κύριες κλάσεις που χρησιμοποιεί το CRMdig είναι:

- Digital Object (Ψηφιακό Αντικείμενο)
- Digitization Process (Ψηφιοποίηση)
- Formal Derivation (Τυπική Παραγωγή)
- Digital Machine Event (Ψηφιακό Μηχανικό Συμβάν)
- Digital Device (Ψηφιακή Μηχανή/συσσκευή)
- Digital Measurement Event (Ψηφιακή Μέτρηση)
- Data Transfer Event (Μεταφορά δεδομένων)
- Digital Information Carrier (Φορέας ψηφιακής πληροφορίας)

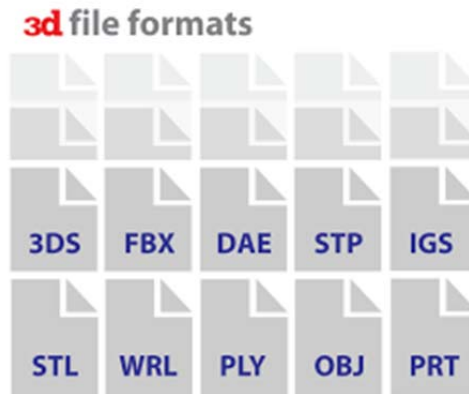
Μας ενδιαφέρει να έχουμε μεταδεδομένα για διαδικασίες ψηφιοποίησης, πληροφορίες για μετρήσεις και συσκευές, μηχανήματα, software που χρησιμοποιήθηκαν, και μεταδεδομένα που τεκμηριώνουν όλα τα στάδια επεξεργασίας των δεδομένων που παρήχθησαν, τι input χρησιμοποίησαν και τι output είχαν.

Η βασική αρχή στη δημιουργία μεταδεδομένων είναι ότι η τεκμηρίωση πρέπει να αναφέρεται και τελικά να απαντάει στα παρακάτω ερωτήματα:

- ποιός (οι δράστες που συμμετέχουν σε ένα συμβάν/διαδικασία),
- πού (τόπος συμβάντος)
- πότε (χρόνος συμβάντος)
- τι (αντικείμενα που εμπλέκονται στο συμβάν)

Εφόσον τα μεταδεδομένα είναι γεγονοκεντρικά, η αρχική μας έννοια πρέπει να έχει τη δομή ενός γεγονότος.

Το μοντέλο μας επομένως θα βασιστεί στην επέκταση της οντολογίας του CIDOC-CRM, η οποία θα επιτρέψει τη σύνδεση των 3D μοντέλων και των μεταδεδομένων τους με όλες τις διαθέσιμες πηγές και γνώσεις, για να επιτύχουμε την αποδοτική πρόσβαση, χρήση, επανάχρηση και συντήρησή τους.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΧΡΗΣΕΙΣ, ΡΟΛΟΙ & ΤΥΠΟΙ 3Δ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ

Η τεχνολογία της 3Δ σάρωσης laser βρίσκει ευρεία εφαρμογή σε πάρα πολλούς τομείς που απαιτούν συλλογή δεδομένων με μεγάλη ταχύτητα, υψηλή ανάλυση και ακρίβεια. Ενδεικτικές εφαρμογές χρήσης του τρισδιάστατου σαρωτή είναι η αποτύπωση - τεκμηρίωση αρχαιολογικών χώρων, διατηρητέων κτιρίων ή μνημείων, ορυχείων, σηράγγων, σπηλαίων, μεταλλείων, μηχανολογικών κατασκευών και εξαρτημάτων, βιομηχανικών εγκαταστάσεων, οχημάτων κάθε είδους, κλπ.

Ο σκοπός της αποτύπωσης με τη μέθοδο αυτή και οι τρόποι αξιοποίησης των προϊόντων της ποικίλουν από την τεκμηρίωση, αξιολόγηση, εξαγωγή μετρητικών πληροφοριών, έως τη μελέτη, σχεδιασμό, επιθεώρηση και έλεγχο κατασκευών, δημιουργία "ευφυών" μοντέλων, εικονικών περιηγήσεων, ειδικών εφέ και πολλών άλλων.

Γενικότερα, η ψηφιακή τρισδιάστατη αποτύπωση / ανακατασκευή πολιτιστικών μνημείων μπορεί και συντελεί στην ποιοτική υλοποίηση των παρακάτω:

6.1 Χρήσεις 3Δ Αναπαραστάσεων

6.1.1 Εικονικός τουρισμός και εικονικά μουσεία.

Η ολοένα και πιο δημοφιλής εικονική επίσκεψη σε χώρους πολιτισμού, εσωτερικούς και εξωτερικούς, καθώς και σε περιοχές φυσικού ενδιαφέροντος, παρέχουν τη δυνατότητα μιας περιεκτικής πληροφοριοδότησης στον χρήστη / επισκέπτη. Η κατά κανόνα απλή χρήση, συχνά διατιθέμενη μέσω ιστοσελίδων, σε συνδυασμό με την εντυπωσιακή αίσθηση της διάδρασης ή περιήγησης, αποτελούν το κλειδί για αυτήν την άνοδο δημοτικότητας της εικονικής περιήγησης, η οποία συμβάλλει σημαντικά στην ενημέρωση και την προώθηση, στον τομέα του τουρισμού.

Ανάλογο παράδειγμα αποτελεί ο ιστότοπος του Μουσείου Ελιάς Βουβών, www.olivemuseumnouves.com, στον οποίο ο επισκέπτης έχει τη δυνατότητα για μια



εικονική ξενάγηση στο Μουσείο Ελιάς Βουβών, να κάνει λήψη τομών σε οποιαδήποτε ύψος με μετρητική πληροφορία ακρίβειας 0,5 cm και υπολογισμό της εξωτερικής και εσωτερικής διαμέτρου σε οποιαδήποτε ύψος της Μνημειακής Ελιάς Βουβών, η οποία αποτελεί το αρχαιότερο δέντρο ελιάς στον κόσμο και συνεπώς πολύτιμο κομμάτι της πολιτισμικής μας κληρονομιάς. Επίσης, τα εκθέματα του μουσείου παρουσιάζονται τρισδιάστατα με δυνατότητα ελεύθερης περιστροφής, μέτρησης και διαχωρισμού τους στα επιμέρους εξαρτήματά τους.

6.1.2 Δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού.

Δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού για μία ευρεία γκάμα ενδιαφερομένων, από επιστημονικούς ερευνητές έως μαθητές. Η εκπαίδευση, αποτελεί τομέα άρρηκτα συνδεδεμένο με τη διαδικασία της ψηφιακής τεκμηρίωσης και καταγραφής πολιτισμικού υλικού. Με τη ραγδαία διάδοση της ψηφιακής διδασκαλίας μέσω διαδικτύου, υπολογιστών και διαδραστικών πινάκων, ο μαυροπίνακας αντικατασταίνεται και οι απαιτήσεις για ακριβή αποτύπωση δεδομένων αυξάνονται. Ήδη, ψηφιακά 3D καταγεγραμμένα αντικείμενα αποτελούν υλικό για εκπαίδευση και μελέτη κυρίως από ειδικούς /επιστημονικούς ερευνητές στην πλειοψηφία τους, ενώ παράλληλα είναι αναμφισβήτητη η ανάγκη για απλοποίηση στην χρήση ανάλογων προγραμμάτων, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν και από μαθητές, δασκάλους, φοιτητές (όχι αποκλειστικά σχολών πληροφορικής) και καθηγητές.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ζωφόρος του Παρθενώνα, η οποία παρουσιάζεται στον δικτυακό τόπο www.parthenonfrieze.gr, αξιοποιώντας τις τεχνολογίες του διαδικτύου για την ανάδειξη και προβολή πολιτιστικού περιεχομένου. Η εφαρμογή, η οποία αναπτύχθηκε από το Υπουργείο Πολιτισμού και Τουρισμού (Υπηρεσία Συντήρησης Μνημείων Ακρόπολης – Τομέας Ενημέρωσης και Εκπαίδευσης) και το Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης (ΕΚΤ), απευθύνεται τόσο στους ειδικούς επιστήμονες όσο και στο ευρύτερο κοινό, ενώ διαθέτει και ψηφιακά παιχνίδια για παιδιά.

Η εν λόγω παρουσίαση χαρακτηρίζεται ταυτόχρονα από επιστημονική τεκμηρίωση, τόσο για τον αρχαιολόγο-μελετητή, που έχει τη δυνατότητα να διευρύνει τη σχετική έρευνα, όσο και για τον καθηγητή, που μπορεί να τη χρησιμοποιήσει ως εκπαιδευτικό βοήθημα.

Ενίσχυση της μελέτης από απόσταση μέσω της κατασκευής ρεαλιστικών ψηφιακών τρισδιάστατων μοντέλων.

Το παράδειγμα της ζωφόρου του Παρθενώνα εντάσσεται και σε αυτήν την κατηγορία, της ενίσχυσης της μελέτης από απόσταση. Η μελέτη από απόσταση αποτελεί ακόμη μία παράμετρο του εκπαιδευτικού και ερευνητικού μέρους, το οποίο δύναται να καλύψει η ψηφιακή τεκμηρίωση δεδομένων. Και σε αυτήν την περίπτωση, μελέτη σε διάφορα επίπεδα, καθίσταται εφικτή αποκλειστικά λόγω της σωστής ψηφιακής αποτύπωσης υλικού, όταν οι συνθήκες δεν επιτρέπουν στον ενδιαφερόμενο την επιτόπου (in situ) μελέτη.

6.1.3 Εικονική τρισδιάστατη απόδοση.

Εικονική τρισδιάστατη απόδοση αρχαιολογικών ανασκαφών, αρχιτεκτονικών κατασκευών, γεωλογικών σχηματισμών κ.ά. Η ψηφιακή τρισδιάστατη αποτύπωση αρχαιολογικών ανασκαφών, αρχιτεκτονικών κατασκευών, γεωλογικών σχηματισμών, ενισχύει την πλέον συνεπή και συνεχή παρακολούθηση των όποιων αλλαγών, εργασιών και πιθανών μελλοντικών εξελίξεων και δυνατοτήτων, ενώ αποτελεί πολύτιμο εργαλείο για τον ειδικό. Βασική προϋπόθεση είναι η εύκολη πρόσθεση και αφαίρεση δεδομένων στα ήδη υπάρχοντα.

Στον ιστότοπο www.3d-geology.de του Πανεπιστημίου Martin Luther (Halle-Wittenberg) της Γερμανίας, παρουσιάζεται η χρησιμότητα ενός ψηφιακού εργαλείου στον τομέα της Γεωλογίας, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα για καταγραφή γεωλογικής και υδρογεωλογικής συμπεριφοράς σχηματισμών καθώς και άλλου τύπου ψηφιακές καταγραφές και μετρήσεις.

6.1.4 Εικονική ανακατασκευή μνημείων.

Εικονική ανακατασκευή μνημείων και αντικειμένων που δεν υφίστανται πλέον ή έχουν υποστεί μεγάλες φθορές. Ψηφιακές ανακατασκευές κατεστραμμένου ή ανύπαρκτου πλέον υλικού, παρέχουν άπειρες δυνατότητες δοκιμών έως ότου καταλήξει ο χρήστης στην ιδανική λύση ή απάντηση στη αναζήτησή του.

6.1.5 Καταγραφή κτιρίων για ανακατασκευή ή αναπαλαίωσή.

Καταγραφή κτιρίων, αντικειμένων και περιοχών, που έχουν πληγεί από πλημμύρες, φωτιές, σεισμούς, πολέμους ή έχουν διαβρωθεί φυσικά, με στόχο την ανακατασκευή ή αναπαλαίωσή τους.

Σε περιπτώσεις όπου λόγω καταστροφής χρειάζεται ανακατασκευή, ενίσχυση / στήριξη ή και αναπαλαίωση ενός κτίσματος ή μιας περιοχής, η τρισδιάστατη ψηφιακή καταγραφή των “κατεστραμμένων” δεδομένων θα μπορεί να οδηγήσει σε αναρίθμητους συνδυασμούς πιθανών λύσεων.

6.1.6 Μελέτη και εφαρμογή κατασκευαστικών και επανορθωτικών τεχνικών.

Οι προαναφερόμενες πιθανές λύσεις, θα πρέπει επίσης να μπορούν να μελετηθούν και να αναλυθούν σε όλη τους την έκταση, λαμβάνοντας υπόψη και δοκιμάζοντας ψηφιακά κάθε πιθανό συνδυασμό, με στόχο την επιλογή της λύσης / επανορθωτικής τεχνικής που τελικά θα εφαρμοστεί.

6.1.7 Χρήση νέων οπτικών γωνιών

Χρήση οπτικών γωνιών, οι οποίες δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν στην πραγματικότητα, λόγω της θέσης ή του μεγέθους τους. Σημαντική είναι η δυνατότητα δοκιμής άπειρων οπτικών γωνιών των ψηφιακών δεδομένων, με στόχο την καλύτερη κατανόηση και την εύρεση της κατάλληλης λύσης, πλεονέκτημα που δεν καθίσταται δυνατόν να υπάρξει στην πραγματική ζωή.

6.1.8 Ασφαλής εικονική αλληλεπίδραση

Ασφαλής εικονική αλληλεπίδραση με το πολιτιστικό αντικείμενο, χωρίς την πρόκληση των φθορών που θα του προκαλούσε η πραγματική επαφή.

Σε συνέχεια των παραπάνω, η ασφαλής ψηφιακή επεξεργασία του υλικού, χωρίς το φόβο για πρόκληση φθοράς, προσδίδει μεγάλη βαρύτητα στο σύνολο των πλεονεκτημάτων του προγράμματος / συστήματος.

6.1.9 Ψηφιακή βάση τρισδιάστατων δεδομένων

Ψηφιακή βάση τρισδιάστατων δεδομένων, αρχειοθετημένα, ώστε να παρέχουν τη δυνατότητα τεκμηρίωσης πληροφορίας. Ήδη, η πλέον δημοφιλής χρήση ανάλογων συστημάτων είναι αυτή της δημιουργίας μιας ψηφιακής βάσης τρισδιάστατων δεδομένων, η οποία θα μπορεί να απλοποιείται ή να γίνεται πιο σύνθετη, ανάλογα με τις ανάγκες τεκμηρίωσης της πληροφορίας.

Στην συνέχεια θα αναφερθούμε λεπτομερέστερα σε ρόλους, ειδικότητες και χρήστες που παράγουν και χρησιμοποιούν την τρισδιάστατη απεικόνιση.

6.2 Ρόλοι

6.2.1 Παραγωγός 3D μοντέλου

Είναι ο δημιουργός ενός 3D μοντέλου, αυτός που εμπλέκεται στη διαδικασία σάρωσης, στο χειρισμό εργαλείων ως προς τη συλλογή 3D δεδομένων, στην επεξεργασία και διαχείριση αυτών των δεδομένων, και στην τρισδιάστατη αναπαράσταση και τελικά μοντελοποίηση του αντικειμένου/ων.

Οι ειδικότητες που μπορεί να έχουν αυτόν τον ρόλο είναι :

Τεχνικοί 3D σάρωσης, μηχανικοί πεδίου, φωτογράφοι, πληροφορικοί, 3D modelers: όλοι αυτοί χειρίζονται τα κατάλληλα εργαλεία και λογισμικά για τη δημιουργία και απόκτηση 3D δεδομένων, συμμετέχουν στη διαδικασία της σάρωσης και ψηφιοποίησης, στη δημιουργία και διαχείριση δεδομένων και μεταδεδομένων, στη δημιουργία ενός ή πολλών 3D μοντέλων.

Επίσης, αρχαιολόγοι, συντηρητές ή αρχιτέκτονες που έχουν επιπλέον γνώσεις πληροφορικής και διαχείρισης δεδομένων/μεταδεδομένων, μπορούν να συμμετέχουν και αυτοί σε τέτοιες διαδικασίες δημιουργίας, εισαγωγής και επεξεργασίας 3D δεδομένων στα αντικείμενα (που τους αφορούν).

6.2.2 Χρήστης τελικού 3D μοντέλου

Χρήστες του ενός 3D μοντέλου ενδέχεται να είναι:

- Επαγγελματίες στην Πολιτιστική Κληρονομιά (αρχαιολόγοι, μουσειολόγοι ιστορικοί, συντηρητές έργων τέχνης) που εργάζονται σε αρχαιολογικές υπηρεσίες, π.χ. εφορείες αρχαιοτήτων ή δημόσια μουσεία ή σε ιδιωτικούς φορείς πολιτισμού π.χ. ιδιωτικά μουσεία, πινακοθήκες, ιδρύματα και εταιρείες πολιτισμικού χαρακτήρα, και ενδιαφέρονται να χρησιμοποιήσουν 3D μοντέλα και υψηλής

ακριβείας αποτυπώσεις για τη μελέτη και τεκμηρίωση των μνημείων, όπως επίσης και για την ανάδειξη, προστασία και αξιοποίηση των μνημείων και μουσειακών αντικειμένων.

- Μουσεία (ιδιωτικά/δημόσια), αρχαιολογικές εφορείες, πινακοθήκες και άλλοι φορείς πολιτισμού, που χρησιμοποιούν 3Δ μοντέλα για να αποτυπώσουν και να προστατεύσουν τα μνημεία τους ή για λόγους πολιτικής να αναδείξουν και να προβάλουν τις συλλογές και τα αντικείμενά τους (και ψηφιακά).
- Αρχιτέκτονας/πολιτικός μηχανικός, που εργάζεται σε μία αρχαιολογική υπηρεσία ή ως ιδιώτης και τον ενδιαφέρει να χρησιμοποιήσει 3σδιάστατη αποτύπωση ενός μνημείου/κτιρίου που χρήζει λεπτομερούς αρχιτεκτονικής τεκμηρίωσης και εκτίμησης της κατάστασής του, με σκοπό την ανάδειξή του και αντιμετώπισή του ως μοναδική περίπτωση δομικής συμπεριφοράς.
- Γεωλόγος/γεωτεχνικός, που χρησιμοποιεί 3Δ δεδομένα για τη μελέτη γεωλογικών σχηματισμών και αποτύπωση /μελέτη σταθερότητας εδάφους.
- Κοινό: εικονικοί επισκέπτες που τους ενδιαφέρει μία εικονική ξενάγηση-περιήγηση στο αντικείμενο ή web users που κάνουν μία έρευνα σε ένα αντικείμενο, δεν έχουν τη δυνατότητα άμεσης πρόσβασης σε αυτό και μπορούν να το «γνωρίσουν» μόνο ψηφιακά.
- Εταιρείες, που ενδιαφέρονται να χρησιμοποιήσουν το λογισμικό συνολικά, ίσως για εμπορική χρήση και αξιοποίηση 3Δ δεδομένων σε διάφορα σχετικά έργα , μελέτες συγκοινωνιακών έργων, τεχνικά έργα, κ.λπ. ή τουριστικές εταιρείες, που στα πλαίσια ανάδειξης του τουρισμού και του πολιτισμού της χώρας, ενδιαφέρονται να χρησιμοποιήσουν το εργαλείο για 3Δ προσομοιώσεις τουριστικών/πολιτισμικών σημείων και περιοχών, προσελκύοντας έτσι το ενδιαφέρον του επισκέπτη.
- Δήμοι, πολεοδομία και λοιπές δημόσιες αρχές, που ενδιαφέρονται να χρησιμοποιήσουν 3Δ μοντέλα στα πλαίσια δράσης σχεδιασμού πόλεως (city planning) ή περιοχών αυτών, που χρήζουν ανάδειξης ή προστασίας μέσω μιας τρισδιάστατης προσομοίωσης.
- Υπηρεσίες δημόσιας τάξης και ασφάλειας, ασφαλιστικές εταιρείες και οργανισμοί, που χρησιμοποιούν τρισδιάστατες αποτυπώσεις για υψηλής ακρίβειας, ρεαλιστική οπτικοποίηση θέσεων ατυχημάτων, εγκληματολογικών σκηνών κ.λπ., ώστε να προβούν σε καλύτερη διάγνωση και αξιολόγηση.

6.3 Σκοποί των χρηστών (με χρήση 3Δ μοντέλου)

Ανάγκη/σκοπιμότητα χρήσης ενός 3Δ μοντέλου από ειδικότητες, όπως:



6.3.1 Αρχαιολόγοι, επιμελητές, ιστορικοί, μουσειολόγοι

Οι αρχαιολόγοι, επιμελητές μουσειολόγοι που εργάζονται σε αρχαιολογικές υπηρεσίες ή άλλους φορείς χρησιμοποιούν 3Δ μοντέλα για

- πρόσβαση σε ακριβή επιστημονική πληροφορία και αμεσότητα με το μουσειακό αντικείμενο/μνημείο. Χρειάζονται πρόσβαση, δεδομένα και μεταδεδομένα σχετικά με αυτό, εικόνες και μοντέλα ακριβείας αναπαράστασης για τη μελέτη και τεκμηρίωσή του.
- σύγκριση με άλλα αντικείμενα και ταξινόμησή αντικειμένου με την βοήθεια , αναλυτικών αποτυπώσεων/αναπαραστάσεων ακριβείας του αντικειμένου
- μέτρηση και ανάλυση ιδιοτήτων, ιστορική ερμηνεία του αντικειμένου και αξιοποίηση-προβολή μέσω ενός 3Δ μοντέλου.
- οπτικοποίηση παλαιότερων κατασκευαστικών φάσεων ή τροποποιήσεων του μνημείου/οικισμού/αντικειμένου με σκοπό την ιστορική ερμηνεία, αξιολόγηση και σύγκριση – ανάγκη σχολιασμού επ' αυτού.
- μελέτη και οπτικοποίηση των φθορών έργων τέχνης κ.α αντικειμένων, που αποτελεί μέρος της τεκμηρίωσης και επιστημονικής καταγραφής τους.

6.3.2 Συντηρητές/αρχιτέκτονες:

- ανάγκη λεπτομερούς και ακριβείας καταγραφής και αξιολόγησης της υπάρχουσας κατάστασης μέσω 3Δ οπτικοποίησης των φθορών με σκοπό την ανασύλωση και αποκατάσταση αυτών.
- Ανάγκη γεωμετρικής αναπαράστασης τμημάτων του αντικειμένου που πρόκειται να αποκαταστήσουν για να δώσουν συγκεκριμένες λύσεις ή προτάσεις αποκατάστασης.
- Ανάγκη 3Δ οπτικοποίησης παλαιότερων φάσεων επεμβάσεων ή κατασκευαστικών φάσεων/ καταστάσεων του μνημείου με σκοπό την πλήρη γνώση/ενημέρωση αυτών και επομένως την ορθότερη κρίση ως προς την νέα επέμβαση και τον τρόπο διάσωσης του μνημείου.

6.3.3 Αρχαιολογικές εφορείες, μουσεία, πινακοθήκες, και λοιποί φορείς πολιτισμού

- Ανάγκη ακριβούς οπτικοποίησης των μνημείων και αντικειμένων με σκοπό την εκτίμηση της κατάστασής τους και λήψη απόφασης για προστασία και αποκατάσταση αυτών
- Ανάγκη εικονικών αναπαραστάσεων αρχαιολογικών χώρων και μνημείων για την προβολή και ανάδειξή τους στο εσωτερικό και εξωτερικό.



- Ανάγκη εικονικής αναπαράστασης μουσειακών αντικειμένων με σκοπό την προβολή και ανάδειξη μίας π.χ. συγκεκριμένης συλλογής

6.3.4 Γεωλόγοι

- Ανάγκη λεπτομερούς αποτύπωσης και οπτικοποίησης γεωλογικών σχηματισμών με σκοπό τη μελέτη και εκτίμηση της κατάστασης του εδάφους

6.3.5 Κοινό

- Ανάγκη για εικονική περιήγηση και άμεση πρόσβαση στο αντικείμενο με σκοπό την απόκτηση γνώσης/πληροφοριών σχετικών με αυτό και τη μελέτη αυτού

5.3.6 Εταιρείες

- Ανάγκη χρήσης 3D μοντελοποίησης με σκοπό τη εμπορική χρήση των προϊόντων και προβολή των αποτελεσμάτων αυτών

6.3.7 Δήμοι και υπηρεσίες πολεοδομίας

- Ανάγκη 3D αποτύπωσης και οπτικοποίησης χώρων, περιοχών, συγκροτημάτων, οικισμών με σκοπό την επίδειξη σχεδίων για λήψη απόφασης προστασίας και ανάδειξης αυτών ή κατάθεση πρότασης επανασχεδιασμού οικισμών/συγκροτημάτων στη θέση παλαιότερων
- Δημιουργία και χρήση εικονικών μακετών που αποκαλύπτουν υπάρχουσες οικοδομικές χρήσεις κτιρίων ή προβάλλουν μελλοντικές χρήσεις στα πλαίσια σχεδίου πόλεως.

Στην συνέχεια αναφέρονται χαρακτηριστικές περιπτώσεις παραδειγμάτων των τρισδιάστατων μοντέλων

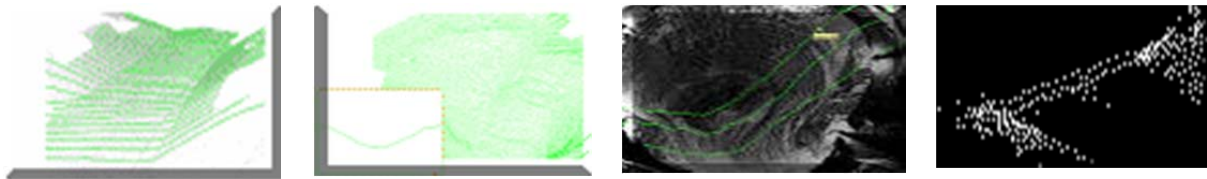
6.4 Τυπικά Παραγόμενα Προϊόντα 3D Τεκμηρίωσης

6.4.1 3D έγχρωμο (RGB) νέφος σημείων με γεωαναφορά



Εικόνα 13: Τυπικά Παραγόμενα Προϊόντα 3D Τεκμηρίωσης: 3D νέφη σημείων με γεωαναφορά.

6.4.2 Τομές σε οποιαδήποτε θέση και προσανατολισμό



Εικόνα 14: Τυπικά Παραγόμενα Προϊόντα 3D Τεκμηρίωσης: Τομές σε οποιαδήποτε θέση και προσανατολισμό

6.4.3 Μετρήσεις κάθε είδους διαστάσεων και υπολογισμός όγκων



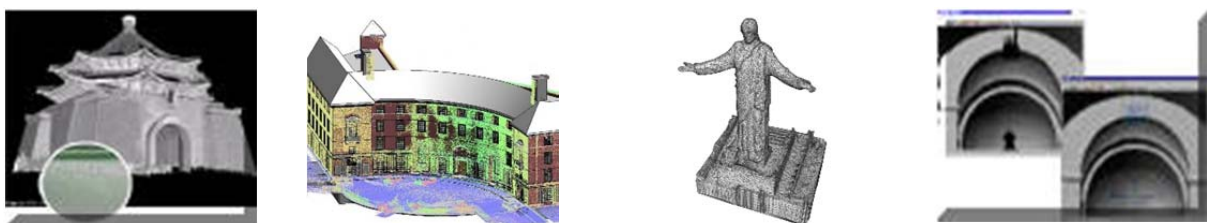
Εικόνα 15: Τυπικά Παραγόμενα Προϊόντα 3D Τεκμηρίωσης: Μετρήσεις κάθε είδους διαστάσεων και υπολογισμός όγκων

6.4.4 3D διανυσματικά σχέδια απόδοσης χαρακτηριστικών



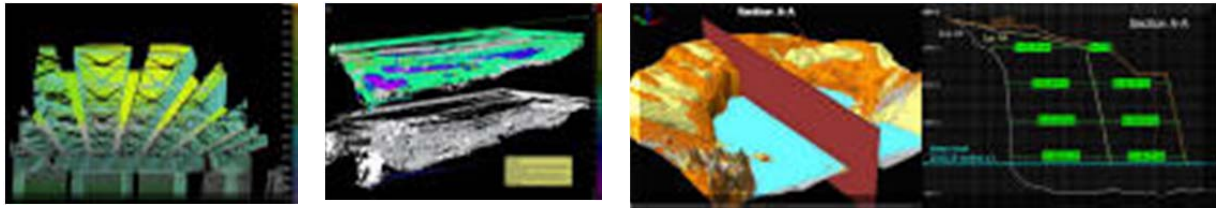
Εικόνα 16: Τυπικά Παραγόμενα Προϊόντα 3D Τεκμηρίωσης: διανυσματικά σχέδια απόδοσης χαρακτηριστικών

6.4.5 3D πολυγωνικά μοντέλα



Εικόνα 17: Τυπικά Παραγόμενα Προϊόντα 3D Τεκμηρίωσης: 3D πολυγωνικά μοντέλα

6.4.6 Χάρτες και αναφορές σύγκρισης και αποκλίσεων νεφών ή/και 3D μοντέλων



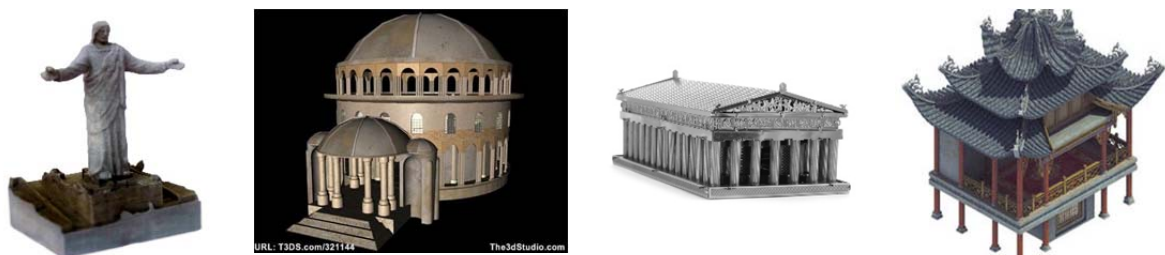
Εικόνα 18: Τυπικά Παραγόμενα Προϊόντα 3D Τεκμηρίωσης: Χάρτες και αναφορές σύγκρισης και αποκλίσεων νεφών ή/και 3D μοντέλων

6.4.7 Ορθοφωτογραφίες



Εικόνα 19: Τυπικά Παραγόμενα Προϊόντα 3D Τεκμηρίωσης: Ορθοφωτογραφίες

6.4.8 3D φωτορεαλιστικά μοντέλα, μοντέλα VRML



Εικόνα 20: Τυπικά Παραγόμενα Προϊόντα 3D Τεκμηρίωσης: φωτορεαλιστικά μοντέλα, μοντέλα VRML

6.4.9 Video περιήγησης νεφών, μοντέλων



Εικόνα 21: Τυπικά Παραγόμενα Προϊόντα 3D Τεκμηρίωσης: Video περιήγησης νεφών, μοντέλων

6.5 Είδη 3D αρχείων

Ο τρόπος με τον οποίο περιγράφεται η γεωμετρία κάποιου αντικειμένου και οι επιπλέον πληροφορίες σχετικά με αυτή, όπως για παράδειγμα οι συντεταγμένες που ορίζουν τη θέση της υψής σε σχέση με τη γεωμετρία, καθορίζονται από τη φόρμα του αρχείου αποθήκευσης της πληροφορίας αυτής. Οι πιο ευρέως διαδεδομένοι τύποι αρχείων για την αποθήκευση τρισδιάστατων θεμάτων αριθμούν περί τους 40, ενώ ο αριθμός τους συνεχώς αυξάνεται. Ένας γενικός διαχωρισμός που μπορεί να γίνει έτσι ώστε να να απλοποιηθεί η διαδικασία επιλογής της πιο κατάλληλης λύσης, είναι αυτός μεταξύ των αρχείων όπου η πληροφορία αποθηκεύεται στη μορφή κειμένου και των αρχείων όπου η πληροφορία αποθηκεύεται σε δυαδική μορφή.

Τα βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή του αρχείου αποθήκευσης του τελικού προϊόντος της τρισδιάστατης σάρωσης, για λόγους αρχειακής αποθήκευσης, είναι τα εξής:

- Δυαδική αποθήκευση της πληροφορίας για μείωση του όγκου των δεδομένων.
- Περιγραφή των τρισδιάστατων επιφανειών τουλάχιστον με πολύγωνα.
- Επιθυμητή είναι η υποστήριξη παραμετρικών επιφανειών, έτσι ώστε μέσω του κατάλληλου λογισμικού να επιτευχθεί περαιτέρω μείωση των δεδομένων.
- Τουλάχιστον από ένα ζεύγος συντεταγμένων για κάθε τρισδιάστατο σημείο της γεωμετρίας, για την εφαρμογή μιας ή περισσότερων εικόνων υψής.
- Δυνατότητα αναγνώρισης από δημοφιλή εφαρμογές του είδους, όπως για παράδειγμα λογισμικό τρισδιάστατης μοντελοποίησης και κίνησης,
- φωτορεαλιστικής απόδοσης, μετατροπής σε άλλους τύπους αρχείων (format) και λοιπά

Όσον αφορά τη χρήση των δεδομένων αυτών σε εφαρμογές ειδικού τύπου, όπως είναι για παράδειγμα η προβολή μέσω του διαδικτύου και η πραγματικού χρόνου, δια-δραστική παρουσίασή της, συνιστάται η επιπλέον μετατροπή της σε μορφές αρχείων περισσότερο κατάλληλες για τις εφαρμογές αυτές. Τα βασικά κριτήρια επιλογής αρχείου αποθήκευσης που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για εφαρμογές τέτοιου ίδιους, εν μέρη περιγράφηκαν παραπάνω. Παρόλα αυτά, οι ιδιαίτερες απαιτήσεις της τρισδιάστατης απεικόνισης πραγματικού χρόνου και η πιθανή μεταφορά της πληροφορία μέσω του διαδικτύου, ή κάποιου άλλου αργού δίαυλου επικοινωνίας, προτρέπουν στη χρήση ειδικών τύπων αρχείων με τα εξής ιδιαίτερα χαρακτηριστικά:

- **Επίπεδο λεπτομέρειας (LOD-Level of Detail)** συνεχόμενο ή προκαθορισμένο. Το χαρακτηριστικό αυτό αφορά την τρισδιάστατη απεικόνιση του θέματος σε πραγματικό χρόνο και σχετίζεται με την



ποσότητα των πολύγωνων που περιγράφουν το θέμα (λεπτομέρεια), κάθε φορά που αυτό αποδίδεται γραφικά στην οθόνη του Η/Υ, ανάλογα με την απόσταση του αντικειμένου από τη θέση της ιδεατής κάμερας και κατά συνέπεια της επιφάνειας που αυτό καταλαμβάνει στην οθόνη του Η/Υ. Έτσι, όσο πιο μικρή είναι η επιφάνεια που καταλαμβάνει το θέμα στην οθόνη του υπολογιστή, τόσο λιγότερη είναι η οπτική πληροφορία που μπορεί να αποδοθεί σε αυτή και συνεπώς τόσο πιο απαραίτητη είναι η χρήση λιγότερων πολύγωνων για την οπτική απόδοσή του θέματος. Η τεχνική αυτή έχει σαν αποτέλεσμα την ταχύτερη οπτική απόδοση της τρισδιάστατης σκηνής και εφαρμόζεται σε περιπτώσεις ιδεατών περιπάτων.

- **Βαθμιαίο φόρτωμα και απεικόνιση της πληροφορίας.** Αφορά την έκφραση της πληροφορίας με τέτοιο τρόπο ώστε κατά τη μεταφόρτωσή της, όσο χρονοβόρα και αν είναι αυτή, να καθιστάτε εφικτή η απεικόνιση ολόκληρου του θέματος ακόμα και από τα πρώτα στάδια της διαδικασίας. Με την τεχνική αυτή, η απόδοση του θέματος στην αρχή είναι χονδρική και με το χρόνο, καθώς γίνονται διαθέσιμα περισσότερα δεδομένα, αποκτά σταδιακά όλο και περισσότερη λεπτομέρεια.
- **Συμπίεση και κωδικοποίηση της πληροφορίας** για περαιτέρω μείωση του όγκου που καταλαμβάνει και συνεπώς του όγκου που πρέπει να μεταφερθεί μέσω του διαδικτύου.
- **Μηχανισμούς διασφάλισης της πνευματικής ιδιοκτησίας** των δεδομένων, μέσω υδατογραφίας ή άλλων τεχνικών, και περιορισμού της χρήσης τους μόνο για κάποιο συγκεκριμένο σκοπό (π.χ. μόνο για τη θέαση μέσω κάποιου συγκεκριμένου λογισμικού).

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι πιο διαδεδομένοι τύποι 3D αρχείων και τα χαρακτηριστικά τους.

Όνομα αρχείου (κατάληξη)	Τρόπος αποθήκευσης	Τρόπος έκφρασης 3Διαστ. Πληροφορίας	Επιπλέον συνταγμένες υφής κλπ.	Διάδοση	Επίπεδο λεπτομέρειας	Βαθμιαίο φόρτωμα	Συμπίεση	Ασφάλεια	MIMEType	link
3D Studio (3DS)	Διαδικός	Τρίγωνα	Ναι	Μεγάλη	Όχι	Όχι	Όχι	Μέτρια	application/x-3ds, image/x-3ds	
3D Studio ASCII (ASC)	Κείμενο	Τρίγωνα	Ναι	Μεγάλη	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	Text/plain	http://www.iana.org/assignments/media-types/text
3D Studio Max ASCII (ASE)	Κείμενο	Τρίγωνα & Παραμετρικές Επιφάνειες	Ναι	Μεγάλη	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	Text/plain	http://www.iana.org/assignments/media-types/text
3D Studio Max (MAX)	Διαδικός	Τρίγωνα & Παραμετρικές	Ναι	Μεγάλη	Όχι	Όχι	Όχι	?	model/mesh	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc207



Μελέτη και Ανάλυση Απαιτήσεων για Εφαρμογές 3D Τεκμηρίωσης Ευρείας Κλίμακας

		Επιφάνειες								7.txt
Alias FBX (FBX)	Διαδικός	Τρίγωνα & Παραμετρικές Επιφάνειες	Ναι	Μέτρια-Μεγάλη	Όχι	Όχι	Όχι	Μέτρια	model/mesh	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2077.txt
AOFF (GEO)	Κείμενο	Τρίγωνα	Όχι	Μικρή	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	Text/plain	
AutoCAD (DXF,DXB)	Διαδικός (DXB) Κείμενο (DXF)	Τρίγωνα & Παραμετρικές Επιφάνειες	Όχι	Μεγάλη	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	Image/vnd.dxf	http://www.iana.org/assignments/media-types/image/vnd.dxf
Caligari true space (COB)	Διαδικός	Τρίγωνα & Παραμετρικές Επιφάνειες	Ναι	Μέτρια	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	model/mesh	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2077.txt
CINEMA 4D (C4D)	Διαδικός	Τρίγωνα & Παραμετρικές Επιφάνειες	Ναι	Μέτρια	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	model/mesh	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2077.txt
DirectX (X)	Διαδικός/ Κείμενο	Τρίγωνα & Παραμετρικές Επιφάνειες	Ναι	Μεγάλη	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	model/mesh	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2077.txt
Electric Image (FACT)	Διαδικός/ Κείμενο	Τρίγωνα & Παραμετρικές Επιφάνειες	Ναι	Μέτρια	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	application/EDIFACT	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc1767.txt
Imagine (IOB)	Διαδικός	Τρίγωνα	Ναι	Μικρή	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	model/mesh	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2077.txt
Initial Graphics Exchange Specific format G-code (IGES,IGS)	Διαδικός Κείμενο	Τρίγωνα & Παραμετρικές Επιφάνειες	Όχι	Μικρή	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	model/iges	http://www.iana.org/assignments/media-types/model/iges
International Organization for standardization G Code (ISO, NC)	Διαδικός Κείμενο	Τρίγωνα & Παραμετρικές Επιφάνειες	Όχι	Μικρή	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	model/mesh	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2077.txt
LightWave 3D (LWO,LW)	Διαδικός	Τρίγωνα	Ναι	Μεγάλη	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	model/mesh	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2077.txt
Maya ASCII	Κείμενο	Τρίγωνα &	Ναι	Μεγάλη	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύ	Text/plain	
(MA)		Παραμετρικές Επιφάνειες						παρκτη	Text/plain	
Maya ASCII (MB)	Διαδικός	Τρίγωνα & Παραμετρικές Επιφάνειες	Ναι	Μεγάλη	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	model/mesh	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2077.txt
Metacreati ons Metastrea m (MTS)	Διαδικός	Τρίγωνα	Ναι	Μικρή	Ναι	Ναι	Ναι	Μέτρια	model/mesh	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2077.txt
Nendo (NDO)	Διαδικός	Τρίγωνα & Παραμετρικές Επιφάνειες	Ναι	Μικρή	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	model/mesh	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2077.txt
NGRAIN (NGN,NG W)	Διαδικός	Voxels (σημεία στο χώρο)	Όχι	Μικρή	Όχι	Όχι	Ναι	Καλή	model/mesh	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2077.txt
Object File Format (OFF)	Κείμενο	Τρίγωνα	Όχι	Μικρή	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	Text/plain	
OpenFlight (FLT)	Διαδικός	Τρίγωνα	Ναι	Μέτρια	Ναι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	model/mesh	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2077.txt



Μελέτη και Ανάλυση Απαιτήσεων για Εφαρμογές 3D Τεκμηρίωσης Ευρείας Κλίμακας

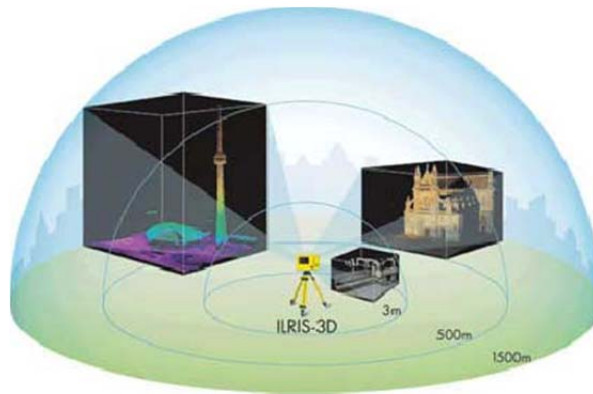
										7.txt
Open Inventor (IV)	Διαδικός/Κείμενο	Τρίγωνα & Παραμετρικές Επιφάνειες	Ναι	Μεγάλη Μέτρια Μικρή	Ναι Όχι	Ναι Όχι	Ναι Όχι	Ανύπαρκτη Μέτρια	model/mesh	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2077.txt
Polygon Model (PLY)	Διαδικός/Κείμενο	Τρίγωνα	Ναι	Μέτρια	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	model/mesh	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2077.txt
POV-Ray RAW Triangle Format (RAW)	Κείμενο	Τρίγωνα	Όχι	Μέτρια	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	model/mesh	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2077.txt
Power Render Object (PRO)	Διαδικός	Τρίγωνα	Ναι	Μέτρια	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	model/mesh	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2077.txt
Points File (PTS)	Κείμενο	Σημεία στο χώρο	Όχι	Μικρή	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	Text/plain	
Extended raw triangles (RAX)	Κείμενο	Τρίγωνα	Ναι	Μικρή	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	Text/plain	
Rhinoceros (3DM)	Διαδικός	Τρίγωνα & Παραμετρικές Επιφάνειες	Ναι	Μεγάλη	Όχι	Όχι	Όχι		model/mesh	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2077.txt
Shockwave 3D (W3D)	Διαδικός	Τρίγωνα Παραμετρικές Επιφάνειες	Ναι	Μέτρια	Ναι (υποτυπώδη)	Ναι (υποτυπώδη)	Όχι		model/mesh	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2077.txt
Softimage (XSI)	Κείμενο	Τρίγωνα & Παραμετρικές Επιφάνειες	Ναι	Μέτρια	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	Text/plain	
Stereo Lithography (STL)	Διαδικός/Κείμενο	Τρίγωνα	Όχι	Μέτρια	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	model/mesh	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2077.txt
Stripe (OBJF)	Κείμενο	Τρίγωνα	Ναι	Μέτρια	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	Text/plain	
Universal 3D (U3D)	Διαδικός	Τρίγωνα	Ναι	αναμένεται μεγάλη	Ναι	Ναι	Ναι	?	model/mesh	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2077.txt
Viewpoint (VPP)	Διαδικός	Τρίγωνα	Ναι	Μικρή	Ναι	Ναι	Όχι	Μέτρια	model/mesh	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2077.txt
Virtual Reality Modelling Language (VRML, WRL)	Κείμενο	Τρίγωνα Παραμετρικές Επιφάνειες	Ναι	Μεγάλη	Ναι (υποτυπώδη)	Ναι (υποτυπώδη)	Ναι	Ανύπαρκτη	model/vrml model/x3d+vrml	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2077.txt
Wavefront (OBJ)	Κείμενο	Τρίγωνα Παραμετρικές Επιφάνειες	Ναι	Μεγάλη	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	model/mesh	http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2077.txt
X3D (X3D)	Διαδικός / Κείμενο	Τρίγωνα & Παραμετρικές Επιφάνειες	Ναι	Μέτρια αναμένεται μεγάλη	Ναι (υποτυπώδη)	Ναι (mpeg4)	Ναι	Μέτρια	model/x3d+xml	
XGL (XGL)	Κείμενο	Τρίγωνα	Ναι	Μικρή	Όχι	Όχι	Όχι	Ανύπαρκτη	Text/plain	



6.6 Παραγόμενα Προϊόντα ανά χρήση

Ανάλογα με την χρήση και τον σκοπό της σάρωσης παράγονται και τα διάφορα τελικά προϊόντα. Στον παρακάτω πίνακα τα είδη των παραγόμενων προϊόντων που απαιτούνται ανάλογα με την χρήση και σκοπό της σάρωσης.

		Παραγόμενα Προϊόντα								
		3D έγχρωμο (RGB) νέφος σημείων με γεωαναφορά	Τομές σε οποιαδήποτε θέση και προσανατολισμό	Μετρήσεις κάθε είδους διαστάσεων και υπολογισμός όγκων	3D διανυσματικά σχέδια απόδοσης χαρακτηριστικών	3D πολυγωνικά μοντέλα	Χάρτες και αναφορές σύγκρισης και αποκλίσεων νεφών ή/και 3D μοντέλων	Ορθοφωτογραφίες	3D φωτορεαλιστικά μοντέλα, μοντέλα VRML	Video περιήγησης νεφών, μοντέλων
Χρήση σάρωσης	Εικονικός τουρισμός και των εικονικά μουσεία	X				X			X	X
	Δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού	X		X		X			X	X
	Εικονική τρισδιάστατη απόδοση	X				X			X	
	Εικονική ανακατασκευή μνημείων	X		X	X		X	X		
	Καταγραφή - τεκμηρίωση κτιρίων για ανακατασκευή ή αναπαλαίωσή	X	X	X	X		X	X		
	Μελέτη και εφαρμογή κατασκευαστικών και επανορθωτικών τεχνικών	X	X	X	X		X	X		
	Χρήση νέων οπτικών γωνιών	X								X
	Ασφαλής εικονική αλληλεπίδραση	X							X	X
	Ψηφιακή βάση τρισδιάστατων δεδομένων	X	X	X	X	X	X	X	X	X



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ 3D ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΕΥΡΕΙΑΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ

7.1 Αναλυτική απαιτούμενη καταγραφή των διαδικασιών/γεγονότων

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω ένα σύστημα πλήρους τεκμηρίωσης δεδομένων ευρείας κλίμακας θα πρέπει να καταγράφει τα ψηφιακά αντικείμενα στα πλαίσια διαδικασιών, ή αλλιώς «γεγονότων», όπως το γεγονός-έργο («project event»), μέσα στα πλαίσια του οποίου έχουμε τις διαδικασίες σάρωσης, είτε αλλιώς γεγονότα απόκτησης ψηφιακών αντικειμένων («acquisition events»), και τις διαδικασίες επεξεργασίας, είτε αλλιώς γεγονότα επεξεργασίας και παραγωγής νέων ψηφιακών αντικειμένων / ψηφιακών παραγώγων («process events»).

Η καταγραφή των διαδικασιών θα πρέπει να περιλαμβάνει:

7.1.1 Αναλυτική καταγραφή δεδομένων για το κυρίως έργο

Για κάθε έργο θα πρέπει να καταγράφεται:

- Ο τίτλος του έργου
- Ο φορέας Υλοποίησης:
 - Επίσημη ονομασία
 - Τοποθεσία φορέα (πόλη, ευρύτερη περιοχή)
- Η έναρξη και λήξη του έργου

7.1.2 Αναλυτική καταγραφή της διαδικασίας απόκτησης 3D δεδομένων

Για κάθε διαδικασία **απόκτησης 3D δεδομένων** από ένα έργο θα πρέπει να καταγράφεται:

1. Τα **παραγόμενα ψηφιακά δεδομένα (Output digital Objects)** της διαδικασίας απόκτησης των 3D δεδομένων. Με δυνατότητα εισαγωγής στο σύστημα όλων των διαδεδομένων 3D αρχείων
2. **Στοιχεία για το ίδιο το γεγονός της απόκτησης των 3D δεδομένων (Acquisition Event) με καταγραφή**
 - Του τύπου **απόκτησης των 3D δεδομένων** που θα πρέπει να περιλαμβάνει (με δυνατότητα επιλογής παραπάνω από ενός τύπων):
 - Σάρωση με επαφή (contact scanning)
 - Σάρωση χωρίς επαφή (non-contact scanning)
 - Σάρωση με φορητό σύστημα ή όχι (portable / non portable scanner)
 - Σάρωση με λέιζερ (laser scanning)
 - Σάρωση με δομημένο φωτισμό (structured light scanning)
 - Στερεοφωτογράφιση (stereo photography)
 - Φωτογράφιση (2D photography)
 - Σε 3D θόλο (Dome based)
 - Του φορέα που έκανε την απόκτηση των 3D δεδομένων
 - Του πρόσωπου που έκανε την απόκτηση με καταγραφή:
 - της ομάδας που ανήκει
 - του ρόλου του που θα μπορεί να είναι:
 - Μηχανικός πεδίου (field engineer)
 - Ειδικός 3D μοντελοποίησης & επεξεργασίας (3D modeling & processing expert)
 - Ερευνητής (Researcher)
 - Αρχαιολόγος (Archeologist)
 - Ιστορικός Τέχνης – Μουσειολόγο (Art historian – museum expert)
 - Συντηρητής Μνημείων (Monument Conservator)
 - Εκπαιδευόμενος (trainee)
 - Φοιτητής (Student)
 - Της έναρξης και λήξης της διαδικασίας σάρωσης
 - Της τοποθεσίας της σάρωσης με δυνατότητα εισαγωγής συντεταγμένων
 - Του φυσικού αντικείμενου που ψηφιοποιείται με καταγραφή
 - Του τίτλο του αντικειμένου
 - Του κωδικού ταξινόμησης (αν υπάρχει)
 - Του είδους του



- Του μέγεθους (x-large, large, medium, small, x-small) size
- Της ανάγκης αποτύπωσης χρώματος(υφής) – Texture yes or no
- Της ανάγκης γεωαναφοράς - (geo-referencing yes or no)
- Του φορέα που το διαχειρίζεται
- Παρατηρήσεων σε ελεύθερο κείμενο
- Μίας γενικής περιγραφής της διαδικασίας απόκτησης των 3D δεδομένων

3. Στοιχεία για τις συσκευές και ρυθμίσεις που χρησιμοποιήθηκαν (Setup & Devices) με καταγραφή

- Της συσκευής που χρησιμοποιήθηκε με καταγραφή:
 - Του ονόματος της συσκευής
 - Του τύπου της που θα μπορούσε να είναι:
 - Σαρωτής επαφής (Contact 3D scanner)
 - Σαρωτής χωρίς επαφή (Non-contact 3D scanner)
 - Φορητό σύστημα ή όχι (Portable / Non portable)
 - Επίγειος σαρωτής λέιζερ (Terrestrial laser scanner)
 - Σαρωτής λέιζερ για μικρά/μεσαία αντικείμενα (3D laser scanner for small/medium objects)
 - Σαρωτής με δομημένο φωτισμό (Structured-light 3D scanner)
 - Σύστημα στερεοφωτογράφισης (stereo photography system)
 - Φωτογραφική μηχανή (camera)
 - Με 3D θόλο (Dome)
 - Του σειριακού αριθμού της συσκευής
 - Του κατασκευαστή της συσκευής
 - Σημειώσεις σε ελεύθερο κείμενο
 - Πληροφορίες για το firmware
- Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε με καταγραφή:
 - Του ονόματος του λογισμικού
 - Του κατασκευαστή του λογισμικού
 - Του τύπου του λογισμικού που θα μπορεί να είναι (με δυνατότητα παραπάνω από μία επιλογής):
 - Λογισμικό Αντίστροφης Μηχανικής (Reverse Engineering)
 - Λογισμικό απόκτησης 3D δεδομένων (3D data acquisition)
 - Λογισμικό 3D μοντελοποίησης και παραγωγής 3D υλικού (3D Modeling & Content creation)
 - Λογισμικό επεξεργασίας 3D νέφους σημείων (3D point cloud processing)
 - Λογισμικό ρύθμισης σαρωτή (calibration)
 - Λογισμικό επεξεργασίας εικόνας (Image processing)
 - Λογισμικό επεξεργασίας βίντεο (video processing)



- Λογισμικό GIS (Geographic Information System)
- Λογισμικό συμπίεσης (compression)
 - Σημειώσεις σε ελεύθερο κείμενο
 - Καταγραφή ρυθμίσεων σε ελεύθερο κείμενο
 - Καταχώριση αρχείων ρυθμίσεων (config & calibration files)
 - Δυνατότητα προσθήκης περισσοτέρων από μία συσκευών

4. Εισαγωγή άλλου υλικού τεκμηρίωσης (Documentation)

- Με δυνατότητα εισαγωγής συμπληρωματικών αρχείων τεκμηρίωσης π.χ. Φωτογραφιών από την διαδικασία σάρωσης.

7.1.3 Αναλυτική καταγραφή της διαδικασίας επεξεργασίας 3Δ δεδομένων

1. Τα παραγόμενα ψηφιακά δεδομένα (Output digital Objects) της διαδικασίας επεξεργασίας των 3Δ δεδομένων.

Με δυνατότητα εισαγωγής στο σύστημα όλων των διαδεδομένων 3Δ αρχείων και δυνατότητα καταχώρισης ανά τύπο:

- 3D έγχρωμο (RGB) νέφος σημείων με γεωαναφορά (3D point cloud with geo-referencing)
- 3D έγχρωμο (RGB) νέφος σημείων χωρίς γεωαναφορά (3D point cloud without geo-referencing)
- 3D μοντέλο με υφή (3D model with texture)
- 3D μοντέλο χωρίς υφή (3D model without texture)
- Τομές σε οποιαδήποτε θέση και προσανατολισμό (3D sections)
- Μετρήσεις κάθε είδους διαστάσεων και υπολογισμός όγκων (3D measurements)
- 3D διανυσματικά σχέδια απόδοσης χαρακτηριστικών (Vector drawings)
- 3D πολυγωνικά μοντέλα
- Χάρτες και αναφορές σύγκρισης και αποκλίσεων νεφών ή/και 3D μοντέλων (3D comparison – Quality)
- Ορθοφωτογραφίες (orthofotos)
- 3D φωτορεαλιστικά μοντέλα, μοντέλα VRML (3D rendered models)
- Βίντεο (Video)
- Εικόνα (2D Image)
- Άλλο (other)

2. Στοιχεία για το ίδιο το γεγονός της επεξεργασίας των 3Δ δεδομένων (Process Event)

Με καταγραφή:



- Του τύπου της επεξεργασίας που θα μπορούσε να είναι: είναι (με δυνατότητα παραπάνω από μία επιλογής):
 - Αντίστροφη Μηχανική (Reverse Engineering)
 - 3D μοντελοποίηση (3D Modeling)
 - Παραγωγή 3D υλικού(3D Content creation)
 - Επεξεργασία 3D νέφους σημείων (3D point cloud processing)
 - Παραγωγή κώδικα (coding)
 - Επεξεργασία εικόνας (Image processing)
 - Επεξεργασία βίντεο (video processing)
 - Επεξεργασία με GIS (Processing with Geographic Information System)
 - Συμπίεση (compression)
- Του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία για το οποίο θα καταγράφεται
 - Το όνομά του
 - Ο κατασκευαστής
 - Ο τύπος του λογισμικού επεξεργασίας που θα μπορεί να είναι (με δυνατότητα παραπάνω από μία επιλογής):
 - Λογισμικό Αντίστροφης Μηχανικής (Reverse Engineering)
 - Λογισμικό 3D μοντελοποίησης (3D Modeling)
 - Λογισμικό παραγωγής 3D υλικού(3D Content creation)
 - Λογισμικό επεξεργασίας 3D νέφους σημείων (3D point cloud processing)
 - Λογισμικό παραγωγής κώδικα (coding)
 - Λογισμικό επεξεργασίας εικόνας (Image processing)
 - Λογισμικό επεξεργασίας βίντεο (video processing)
 - Λογισμικό GIS (Geographic Information System)
 - Λογισμικό συμπίεσης (compression)
 - Άλλος τύπος (other)
 - Σημειώσεις σε ελεύθερο κείμενο
- Παράμετροι επεξεργασίας
- Καταχώριση αρχείου παραμέτρων
- Του φορέα που έκανε την επεξεργασία
- Του προσώπου που έκανε την επεξεργασία με ρόλο που μπορεί να είναι (ίδια λίστα με acquisition person)
 - Μηχανικός πεδίου (field engineer)
 - Ειδικός 3D μοντελοποίησης & επεξεργασίας (3D modeling & processing expert)
 - Ερευνητής (Researcher)
 - Αρχαιολόγος (Archeologist)
 - Ιστορικός Τέχνης – Μουσειολόγο (Art historian – museum expert)
 - Συντηρητής Μνημείων (Monument Conservator)
 - Εκπαιδευόμενος (trainee)



- Φοιτητής (Student)
- Της έναρξης και λήξης της διαδικασίας επεξεργασίας
- Γενική περιγραφή σε ελεύθερο κείμενο

3. Στοιχεία για τα δεδομένα εισόδου που χρησιμοποιήθηκαν (Input Digital Objects)

Με δυνατότητα επιλογής των παραγομένων δεδομένων από τη διαδικασία ανάκτησης 3D δεδομένων ή και άλλων αρχείων.

4. Εισαγωγή άλλου υλικού τεκμηρίωσης (Documentation)

- Με δυνατότητα εισαγωγής συμπληρωματικών αρχείων τεκμηρίωσης π.χ. screenshots από την διαδικασία επεξεργασίας.



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η επιγεια τρισδιάστατη σάρωση λέιζερ είναι μια συνεχώς αναπτυσσόμενη λύση για την ανάδειξη και τεκμηρίωση μνημείων και χώρων πολιτιστικής κληρονομιάς με πολλά πλεονεκτήματα όπως:

- Παρέχει ακριβέστερα προϊόντα από οποιαδήποτε άλλη μεθοδολογία.
- Συνδυάζει την ακρίβεια της τοπογραφικής αποτύπωσης και την πληρότητα αποτύπωσης της φωτογραμμετρικής.
- Παρέχει μεταβλητή ανάλυση ανάλογα με την απαιτούμενη ακρίβεια του τελικού προϊόντος.
- Παρέχει συνολική αποτύπωση των 3D μνημείων.

Εντούτοις, η τεχνολογία των σαρωτών laser θα πρέπει να ξεπεράσει κάποια διαπιστωμένα προβλήματα, πριν τα όργανα αυτού του είδους καθιερωθούν σε συνήθεις αποτυπώσεις. Η χρήση των δεδομένων αυτών αλλάζει δραματικά ανάλογα με την κάθετη εφαρμογή με αποτέλεσμα να είναι επιτακτική η ανάγκη για νέες εξειδικευμένες μεθόδους επεξεργασίας ανάλογα με την ζητούμενη εφαρμογή. Για παράδειγμα διαφορετική είναι η απαιτούμενη χρήση των τρισδιάστατων δεδομένων από σαρωτή σε περίπτωση εφαρμογής μοντελοποίησης πόλης, όπου δεν απαιτείται μεγάλη ακρίβεια καταγραφής αλλά μία ευέλικτη και κατά κύριο λόγο γρήγορη επεξεργασία των δεδομένων, από την χρήση των ίδιων δεδομένων για τεκμηρίωση και καταγραφή ιστορικών κτιρίων όπου απαιτείται μεγάλη λεπτομέρεια και γεωμετρική ακρίβεια.

Στην εργασία αυτή προτείνεται μία ολοκληρωμένη πρόταση αναλυτικής καταγραφής δεδομένων για την τρισδιάστατη τεκμηρίωση ευρείας κλίμακας που μπορεί να συμβάλει στον καθορισμό της κατάλληλης ροής εργασιών που απαιτούνται.

Η πρόταση βασίζεται στη καταγραφή των ψηφιακών αντικείμενων στα πλαίσια διαδικασιών, και τις διαδικασίες επεξεργασίας και παραγωγής νέων ψηφιακών ψηφιακών παραγωγών. Περιλαμβάνει:



1. Αναλυτική καταγραφή δεδομένων για το κυρίως έργο
2. Αναλυτική καταγραφή της διαδικασίας απόκτησης 3Δ δεδομένων και
3. Αναλυτική καταγραφή της διαδικασίας επεξεργασίας 3Δ δεδομένων

Για κάθε μία από τις παραπάνω καταγραφές εξετάστηκαν αναλυτικά οι απαιτήσεις και οι ρόλοι των χρηστών, οι απαιτήσεις μεταδεδομένων, οι απαιτήσεις σχολιασμού και οποιαδήποτε άλλη παράμετρο που επηρεάζει το τελικό αποτέλεσμα μία τρισδιάστατης τεκμηρίωσης ευρείας κλίμακας.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Axaridou, A., Chrysakis, I., Georgis, C., Theodoridou, M., Doerr, M., Konstantaras, A., Maravelakis, E. 3D-SYSTEK: Recording and exploiting the production workflow of 3D-models in Cultural Heritage (2014) IEEE - IISA 2014 - 5th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications, art. no. 6878745, pp. 51-56.
- Core in Multimedia Annotation. In: First International Workshop on Semantic Web Annotations for Multimedia (2006) Infrastructure for Spatial Information in Europe. INSPIRE Architecture and Standards Position Paper (2002)
- Doerr, M., Kritsotaki, A.: Documenting events in metadata. In: The e-volution of Information Communication Technology in Cultural Heritage, pp. 56–61 (2006)
- Doerr, M., Theodoridou, M.: CRMdig: A generic digital provenance model for scientific observation. In: 3rd USENIX Workshop on the Theory and Practice of Provenance, Heraklion, Crete, Greece, pp. 20–21 (2011)
- Doerr, M.: The CIDOC CRM – An Ontological Approach to Semantic Interoperability of Metadata. AI Magazine 24 (2003)
- Kapetanakis, K., Zampoglou, M., Milonis, F., Malamos, A.G., Panagiotakis, S., Maravelakis, E. State-of-the-art web technologies for progressive presentation of synthetic cultural heritage scenes, (2014) IEEE - IISA 2014 - 5th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications, art. no. 6878738, pp. 211-216.
- Kapetanakis, Markos Zampoglou, Athanasios Malamos, Spyros Panagiotakis, Emmanuel Maravelakis, “An MPEG-DASH Methodology for QoE-aware Web3D Streaming”, International Journal of Wireless Networks and Broadband Technologies, 3(4), 1-19, 2014.
- Kersten, T., Lindstaedt, M.: Virtual Architectural 3D Model of the Imperial Cathedral (Kaiserdom) of Königsutter, Germany through Terrestrial Laser Scanning. In: Ioannides, M., Fritsch, D., Leissner, J., Davies, R., Remondino, F.,

- Caffo, R. (eds.) EuroMed 2012.LNCS, vol. 7616, pp. 201–210. Springer, Heidelberg (2012)
- Konstantaras, James Kilty and Emmanuel Maravelakis, “Coalescing Terrestrial Laser Scanning and Aerial Orthophotography for Urban 3D Modelling”, IEEE - IISA 2015 - 6th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications, in press.
- Manferdini, A.M., Remondino, F.: Reality-Based 3D Modeling, Segmentation and Web-Based Visualization. In: Ioannides, M., Fellner, D., Georgopoulos, A., Hadjimitsis, D.G.(eds.) EuroMed 2010. LNCS, vol. 6436, pp. 110–124. Springer, Heidelberg (2010)
- Maragkogiannis, D. Kolokotsa, E. Maravelakis, A. Konstantaras, Combining terrestrial laser scanning and computational fluid dynamics for the study of the urban thermal environment, Sustainable Cities and Society, Volume 13, October 2014, Pages 207-216, ISSN 2210-6707.
- Maravelakis E., Bilalis N., Mantzorou I., Konstantaras A., Antoniadis A., (2012), “3D modelling of the oldest olive tree of the world”, IJCER, Vol. 2(2), 340-347.
- Maravelakis, A. Konstantaras, A. Axaridou, I. Chrysakis and M. Xinogalos, Recording, Visualization and Documentation of 3D Spatial Data for Monitoring Topography in Areas of Cultural Heritage, Geophysical Research Abstracts Vol. 16, EGU2014-5264, 2014.
- Maravelakis, A. Konstantaras, A. Kritsotaki, D. Angelakis, M. Xinogalos, “Analysing User Needs for a Unified 3D Metadata Recording and Exploitation of Cultural Heritage Monuments System”, Advances in Visual Computing, Lecture Notes in Computer Science, Volume 8034, 2013, pp 138-147.
- Maravelakis, E., Andrianakis, M., Psarakis, K., Bolanakis, N., Tzatzanis, G., Bilalis, N., Antoniadis, A.: Lessons Learned from Cultural Heritage Digitisation Projects in Crete. In: Proceedings of the 14th International Conference on Virtual Systems and Multimedia, pp.152–156 (2008)
- Maravelakis, E., Konstantaras, A., Kabassi, K., Chrysakis, I., Georgis, C., Axaridou, A. 3DSYSTEK web-based point cloud viewer, (2014) IEEE - IISA 2014 - 5th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications, art. no. 6878726, pp. 262-266.
- Maravelakis, E.; Konstantaras, A.; Kilty, J.; Karapidakis, E.; Katsifarakis, E., "Automatic building identification and features extraction from aerial images: Application on the historic 1866 square of Chania Greece," Fundamentals of Electrical Engineering (IEEE- ISFEE), 2014 International Symposium on , vol., no., pp.1,6, 28-29.
- Sinclair, P., Addis, M., Choi, F., Doerr, M., Lewis, P., Martinez, K.: The Use of CRM



- Tapete, D., Casagli, N., Luzi, G., Fanti, R., Gigli, G., Leva, D.: Integrating radar and laserbased remote sensing techniques for monitoring structural deformation of archaeological monuments. *Journal of Archaeological Science* 40, 176–189 (2012)
- Theodoridou, M., Tzitzikas, Y., Doerr, M., Marketakis, Y., Melessanakis, V.: Modeling and Querying Provenance by Extending CIDOC CRM. *Distributed and Parallel Databases* (2010)
- Workflow Management Coalition Workflow Standard: Workflow Process Definition Interface– XML Process Definition Language. Technical report, Workflow Management Coalition, Lighthouse Point, Florida, USA (2002), <http://www.wfmc.org/standards/docs.htm>
- Zhiming, Z., et al.: Scientific workflow management: between generality and applicability. In: *Proc. the 5th International Conference on Quality Software*, Melbourne, Australia, pp. 19–20 (2005)

