



Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Τμήμα Μεσογειακών
Σπουδών
Π.Μ.Σ Εφαρμοσμένες
Αρχαιολογικές Επιστήμες

Η ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΑ ΕΛΕΥΘΕΡΑ
ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΣΤΗΝ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑΣ
ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΘΑΝΟΣ

Επιβλέπων: Καθηγητής Ανδρέας Γεωργόπουλος(ΕΜΠ)
Συνεπιβλέπων: Καθηγητής Ιωάννης Λυριτζής (Παν/μιο Αιγαίου)
Εξεταστική Επιτροπή:
Δρ. Α. Σαρρής (Ινστ. Μεσογειακών Μελετών, Ερευνητής με
βαθμίδα Α΄)
Δρ. Γεώργιος Παυλίδης(Ερευνητικό Κέντρο ΑΘΗΝΑ, Ερευνητής με
βαθμίδα Α΄)

ΙΟΥΝΙΟΣ 2018

Στην γιαγιά μου Αθηνά

Στη θεία μου Καίτη

Στη σύζυγό μου Βίκη

Ευχαριστίες

Στη συγγραφή και την ολοκλήρωση μιας διπλωματικής εργασίας, πολλοί είναι αυτοί που συμβάλλουν λιγότερο ή περισσότερο.

Για το αυστηρά επιστημονικό κομμάτι πολλές ευχαριστίες πρέπει στον καθηγητή κ. Α. Γεωργόπουλο, ο οποίος υπήρξε και ο κύριος επιβλέπων. Η διδασκαλία του στο πλαίσιο του μαθήματος υπήρξε βασικός λόγος ώστε να διαλέξω το θέμα αυτό, ενώ οι διορθώσεις του, αλλά και οι συμβουλές του, υπήρξαν καθοριστικές τόσο για τη διαμόρφωση όσο και για την ολοκλήρωση του πονήματος τούτου, το οποίο εντάσσεται στο πλαίσιο του μεταπτυχιακού προγράμματος «Εφαρμοσμένες Αρχαιολογικές Επιστήμες», για τη δημιουργία του οποίου συγχαρητήρια αρμόζουν στον εμπνευστή και συνεπιβλέποντα της εργασίας αυτής, κ. Ι. Λυριντζή. Όλα όσα μας έθεσε ως στόχους προς κατάκτηση σε εκείνη την πρώτη συνάντησή μας στη Ρόδο, τον Φλεβάρη του 2017, σταδιακά πραγματοποιήθηκαν μέσα από ένα εξαντλητικό, αλλά και παράλληλα αποδοτικό, πρόγραμμα σπουδών. Ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω και στους κ.κ. Σαρρή και Παυλίδη, για το ρόλο τους ως μέλη της εξεταστικής επιτροπής και για τον χρόνο που αφιέρωσαν σε αυτό. Θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στην κ. Μ. Σκαμαντζάρη, για τον πολύ χρόνο που αφιέρωσε στην προσπάθεια εξοικείωσής μου με τα λογισμικά που χρησιμοποίησα, ούσα δίπλα μου, κυριολεκτικά κάθε φορά που τη χρειάστηκα. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω, επίσης, τους διευθυντές της Γαλλικής και Βελγικής Αρχαιολογικής Σχολής Αθηνών κ.κ. Α. Farnoux και J.Driessen αντίστοιχα, που με τις συστατικές επιστολές - που με χαρά με προμήθευσαν- βοήθησαν να γίνω δεκτός στο συγκεκριμένο μεταπτυχιακό πρόγραμμα.

Σε ένα ταξίδι που κρατά τρία απαιτητικά εξάμηνα, το κομμάτι της ανθρώπινης επαφής και στήριξης αποτελεί μία αναπόσπαστη διαδικασία. Ο παλιός φίλος και συνάδελφος Ν. Σημαντηράκης μοιράστηκε από την αρχή μαζί μου τις δυσκολίες και τα άγχη τόσο των πρακτικών ζητημάτων όσο και των ακαδημαϊκών αναζητήσεων. Η συμβολή του στην από πλευράς μου ολοκλήρωση του μεταπτυχιακού αυτού προγράμματος υπήρξε πραγματικά μεγάλη και τον ευχαριστώ γι αυτό.

Αναμφίβολα σημαντικό ρόλο έπαιξαν και τα μέλη της οικογένειάς μου. Για άλλη μια φορά η θεία μου Καίτη Διαλυνά με στήριξε όσο μπορούσε ενώ η σύζυγός μου Βίκη, αντιμετώπισε με μεγάλη γλυκύτητα, στωικότητα και πραγματικό ενδιαφέρον την όλη μου προσπάθεια, ενισχύοντάς με, τόσο με τις απόψεις της όσο και με τους απαραίτητους φρέσκους χυμούς στις περιόδους μελέτης.

Τον καθηγητή κ. Γεωργόπουλο αλλά και τις κυρίες Μ. Σκαμαντζάρη και Σ. Ταπεινάκη θα ήθελα να τους ευχαριστήσω και σε ανθρώπινο επίπεδο. Το θετικό κλίμα που υπάρχει ανάμεσά τους, αλλά και η σοβαρότητα και ο επαγγελματισμός τους, ξεχώρισε ήδη κατά την επιτόπια άσκηση στους Δελφούς, όταν και κατάφεραν να εισάγουν τους φοιτητές στο επιστημονικό τους αντικείμενο με εύληπτο και ενδιαφέροντα τρόπο. Το χιούμορ, η κατανόησή και οι σωστές αντιδράσεις τους ήταν βασικοί παράγοντες για εμένα ώστε να καταφέρω να νιώσω άνετα και να προσπεράσω βασικά τεχνικά εμπόδια που φαντάζουν ανυπέρβλητα σε κάποιο μη ειδικό.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|---|-----------|
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | 11 |
| 1. ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΘΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ: ΕΡΩΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΜΑΤΙΑ | 14 |
| 1.1 Απαρχές της επιστημονικής θεώρησης της αρχαιολογίας | 15 |
| 1.2 Οι πρώτες ανασκαφικές απόπειρες | 16 |
| 1.3 Η αρχαιολογία εξελίσσεται σε επιστήμη | 17 |
| 1.4 Εφαρμογή της μεθοδολογίας των Θετικών Επιστημών και η νέα ερμηνευτική | 20 |
| 1.5 Μία νέα επιστήμη: η Αρχαιομετρία | 22 |
| 2. Η ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΖΗΤΗΜΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΤΗΣ | 25 |
| 2.1 Από τα «Αρχαία Μνημεία» στην «Πολιτιστική Κληρονομιά»..... | 26 |
| 2.2 Συμβάσεις για την Προστασία της Πολιτιστικής Κληρονομιάς | 29 |
| 2.3 Ο καθορισμός της έννοιας του «Μνημείου»..... | 33 |
| 2.4 Αναφορά και προδιαγραφές της αποτύπωσης μνημείων σε διεθνείς συμβάσεις..... | 36 |
| 2.3 Μη κυβερνητικοί Οργανισμοί για την προστασία της Διεθνούς Πολιτιστικής Κληρονομιάς | 37 |
| 3. ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΗΣ..... | 40 |
| 3.1 Μια πρώτη αναδρομή..... | 41 |
| 3.2 Κρίση ταυτότητας (;)..... | 42 |
| 3.3 Πεδία εφαρμογής υπολογιστικών συστημάτων | 44 |
| 3.3.1 Η μετάβαση σε ένα ψηφιακό μοντέλο ανασκαφής | 44 |
| 3.3.2 Βάσεις δεδομένων | 45 |
| 3.3.3 Εφαρμογές συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών | 46 |
| 3.3.4 Γεωφυσικές διασκοπήσεις..... | 48 |
| 3.4 Νέες μέθοδοι χρονολόγησης..... | 49 |
| 4. Η ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΕ ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟ ΜΕ ΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΕΥΡΗΜΑΤΩΝ | 50 |
| 4.4 Η φωτογραμμετρία: ιστορία, εξέλιξη, ιδιότητες..... | 62 |

| | |
|---|------------|
| 4.5 Βασικές τεχνικές φωτογραμμετρίας..... | 66 |
| 5. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΑΝΟΙΚΤΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ | 71 |
| 5.1 Το κίνημα της «Ανοικτής Αρχαιολογίας»..... | 72 |
| 5.2 Η χρήση των λογισμικών FOSS..... | 74 |
| 5.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των FOSS | 78 |
| 6. Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΩΝ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑΣ | 81 |
| 6.1 Μια σύντομη αναδρομή | 82 |
| 6.2 Η οπτικοποίηση των αρχαιολογικών δεδομένων ως ερμηνευτικό εργαλείο | 84 |
| 6.3 Η χρησιμοποίηση της τρισδιάστατης απεικόνισης στο αρχαιολογικό έργο | 87 |
| 7. ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΑΝΟΙΚΤΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ: Η ΒΟΡΕΙΑ ΠΛΕΥΡΑ ΤΟΥ ΙΕΡΟΥ ΚΟΥΒΟΥΚΛΙΟΥ ΤΟΥ ΠΑΝΑΓΙΟΥ ΤΑΦΟΥ | 91 |
| 7.1 Το Ιερό Κουβούκλιο του Πανάγιου Τάφου και η σύγχρονη αποκατάστασή του..... | 92 |
| 7.2 Εργασίες πεδίου | 95 |
| 7.3 Η επεξεργασία των δεδομένων στο Visual SFM και στο MeshLab..... | 96 |
| ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 111 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 114 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ..... | 131 |
| <u>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ</u> | |
| Εικόνα 1. <i>Η ανασκαφή του ναού της Ίσιδος στην Πομπηία. Επιχρωματισμένο σκίτσο του P.Fabris, 1776</i> | 17 |
| Εικόνα 2. <i>Οι παράλληλες εξελίξεις στην ψηφιακή τεχνολογία και την αρχαιολογική θεωρία (προσαρμοσμένο από Lock 2003, εικ.1.2).....</i> | 21 |
| Εικόνα 3. <i>Οι αρχαιολογικές θεωρητικές διαμάχες στα τέλη του προηγούμενου αιώνα.</i> | 22 |
| Εικόνα 4.: <i>Αντιπρόσωποι στο συνέδριο του 1899 στη Χάγη.....</i> | 30 |
| Εικόνα 5. <i>Το άγαλμα του Ραμσή Β΄ στο εξώφυλλο του τεύχους Μαΐου 1969 του National Geographic και εικόνα από τη διαδικασία μεταφοράς του.....</i> | 32 |

| | |
|--|-----------|
| Εικόνα 6. Αναστήλωση στο μνημείο του επιστυλίου του κεντρικού μετακιονίου της ανατολικής πρόστασης των Προπυλαίων Φωτ. Αρχείο ΕΣΜΑ | 35 |
| Εικόνα 7. Συνδυασμός αρχαιολογικών και περιβαλλοντικών δεδομένων όπου και διαφαίνεται ο χάρτης των ρωμαϊκών θέσεων στην Κρήτη, επικαλυπτόμενος σταδιακά από άλλους χάρτες που δείχνουν την καταγεγραμμένη σεισμική δραστηριότητα, την επαναληπτικότητα σε περιστατικά πυρκαγιών και τέλος ένα μοντέλο πρόβλεψης κινδύνου πυρκαγιάς για το 2010 (Sarris et al. 2009). | 48 |
| Εικόνα 8. Η ανασκαφή στο Maiden Castle από τον Sir Mortimer Wheeler, όπου και παγιώθηκε η χρήση του ανασκαφικού καννάβου..... | 55 |
| Εικόνα 9. Πλήρης γεωμετρική τεκμηρίωση ενός μνημείου..... | 57 |
| Εικόνα 10. Η κατηγοριοποίηση των επίγειων σαρωτών | 60 |
| Εικόνα 11. Εφαρμογή της τεχνικής Σχήμα- Από-Δομημένο -Φως με την προβολή πάνω στο αντικείμενο ενδιαφέροντος κατά τη συλλογή δεδομένων..... | 61 |
| Εικόνα 12. Ο θόρυβος στην ακτίνα λέιζερ (ΗΠΕΤ, 2005)..... | 63 |
| Εικόνα 13. Μία από τις «φωτομετρικές» μηχανές που κατασκεύασε ο Meydenbauer | 65 |
| Εικόνα 14. Σχηματική απόδοση της διαδικασίας που απαιτείται για την τρισδιάστατη ψηφιοποίηση ενός αντικειμένου | 68 |
| Εικόνα 15. Φωτογραμμετρική αποτύπωση ΥΜΙΑ οικίας από τη Ζώμυνθο Ρεθύμνου..... | 69 |
| Εικόνα 16. Αποτύπωση στρώματος καταστροφής με τη μέθοδο της φωτογραμμετρίας από ΥΜ οικία στην Ανατολή Ιεράπετρας | 70 |
| Εικόνα 17. Πίνακας σχετικά με τις ικανότητες των αρχαιολόγων στο κομμάτι της χρήσης προγραμμάτων πληροφορικής (Sobotkova 2013)..... | 76 |
| Εικόνα 20. Τρισδιάστατη απεικόνιση κτιρίου με διαφανή αποτύπωση της στρωματογραφίας (Κτίριο 77, Catal Hoyuk)..... | 85 |

| | |
|--|------------|
| Εικόνα 21. Η βόρεια πλευρά του Ιερού Κουβουκλίου του Παναγίου Τάφου στο εσωτερικό του Ναού της Αναστάσεως στα Ιεροσόλυμα. | 93 |
| Εικόνα 22. Δημιουργία νέφους σημείων του ίδιου αντικειμένου στο <i>Visual SFM</i> (αριστερά) και στο <i>123D Catch</i> (δεξιά). | 98 |
| Εικόνα 23. Η εισαγωγή των φωτογραφιών του φατνώματος 2 στο πλαίσιο της εντολής « <i>Thumbnails</i> ». | 99 |
| Εικόνα 24. Η εντολή « <i>Compute missing matches</i> » και το ημερολόγιο ενεργειών στα δεξιά. | 100 |
| Εικόνα 25. Διαδικασία δημιουργίας αραιού νέφους σημείων του Φατνώματος 1. | 101 |
| Εικόνα 26. Το αραιό νέφος σημείων του Φατνώματος 4 με τοποθετημένα πάνω του τα φωτοσταθερά. | 102 |
| Εικόνα 27. Διαδικασία τοποθέτησης φωτοσταθερών στο Φάτνωμα 3. | 102 |
| Εικόνα 28. Το πυκνό νέφος σημείων που δημιουργήθηκε από τα δεδομένα του Φατνώματος 2. | 103 |
| Εικόνα 29. Πίνακας με τα δεδομένα επεξεργασίας των τεσσάρων φατνωμάτων. | 104 |
| Εικόνα 30. Η εισαγωγή στην πλατφόρμα του <i>MeshLab</i> του αρχείου « <i>.ply</i> » που αντιστοιχεί στο Φάτνωμα 1. | 105 |
| Εικόνα 31. Το Φάτνωμα 1 μετά τον καθαρισμό του. | 106 |
| Εικόνα 32. Η εφαρμογή του φίλτρου <i>Poisson</i> στο Φάτνωμα 4 και δεξιά ο καθαρισμός του. | 106 |
| Εικόνα 33. Απόδοση υφής στο φάτνωμα 4. | 107 |
| Εικόνα 34. Αποτυχημένη προσπάθεια γεωαναφοράς στο <i>Visual SFM</i> | 108 |
| Εικόνα 36. Τελικό αποτέλεσμα. Τα τρισδιάστατα μοντέλα των τεσσάρων φατνωμάτων της βόρειας πλευράς του Ιερού Κουβουκλίου του Παναγίου Τάφου. | 109 |

Περίληψη

Η αρχαιολογία ως επιστήμη επηρεάστηκε έντονα από τους στόχους και τη μεθοδολογία των φυσικών επιστημών από τα πρώτα της χρόνια. Με την εφαρμογή της φιλοσοφίας τους στο πεδίο κατάφερε να εξελιχθεί σε μια σωστή επιστήμη αφήνοντας πίσω της την εποχή των μη αποδεδειγμένων θεωρητικών σχημάτων. Η Νέα και η Διαδικαστική Αρχαιολογία άφησαν το σημάδι τους στους μηχανισμούς σκέψης και ερμηνείας, οδηγούμενοι, επίσης, από τη χρήση νέων τεχνολογικών εργαλείων σε όλες τις πτυχές αυτού του κλάδου. Η δε ανάγκη για ακριβή τεκμηρίωση όλων των υλικών μνημείων του ανθρώπινου πολιτισμού περιγράφεται συγκεκριμένα από διάφορους διεθνείς οργανισμούς που έχουν εγκρίνει ψηφίσματα σχετικά με το θέμα. Ο χάρτης της Βενετίας, το 1964, αποτέλεσε το εφαλτήριο για την οργάνωση και την επισήμανση τέτοιου είδους τεκμηρίωσης.

Οι εφαρμοσμένες επιστήμες στην αρχαιολογία είναι ένα πραγματικά ευρύ θέμα, που έχει αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο διεξάγεται η έρευνα, τόσο στον πεδίο όσο και στο εργαστήριο. Η τηλεπισκόπηση, οι δορυφορικές φωτογραφίες και οι ακριβέστεροι τρόποι χρονολόγησης είναι κατακτήσεις που μετασχηματίζουν και διευκολύνουν τη ζωή των αρχαιολόγων, δημιουργώντας ταυτόχρονα νέα επιστημονικά ζητήματα βαθύτερα ενταγμένα στη διαδικασία της ερμηνείας. Οι νέες μέθοδοι τεκμηρίωσης και εξοπλισμού καθιστούν απλούστερη την όλη διαδικασία, επιτρέποντας σε ανθρώπους, που ειδικεύονται σε άλλους τομείς, να τις χρησιμοποιούν και να τις εφαρμόζουν μόνοι τους στο δικό τους πεδίο.

Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση στην αρχαιολογία εξακολουθεί να ακούγεται σαν κάτι από το μέλλον, ενώ το πρώτο πραγματικό μοντέλο χτίστηκε πριν από περίπου 30 χρόνια το 1989. Η απεικόνιση των πορισμάτων, των σκέψεων και των σεναρίων επιτρέπει στους αρχαιολόγους να δοκιμάσουν τις θεωρίες τους και να εξετάσουν νέους τρόπους ερμηνείας, ενώ η δυνατότητα χρήσης της τεχνολογίας 3D σε καθημερινή βάση μεταβάλλει ολόκληρη την ανασκαφική διαδικασία, η οποία μπορεί πλέον να είναι αναστρέψιμη, σε ψηφιακή μορφή. Με τη χρήση μιας απλής φωτογραφικής μηχανής και λογισμικών ανοιχτού κώδικα - που γίνονται ολοένα και πιο δημοφιλή - ένας μέσος αρχαιολόγος μπορεί να εκτελέσει πράγματα που θα φαινόταν αδύνατο λίγα χρόνια πίσω χωρίς τη βοήθεια ειδικού. Το πρακτικό μέρος αυτής της διπλωματικής στοχεύει ακριβώς πάνω σε αυτό, την τρισδιάστατη, δηλαδή, απεικόνιση του βόρειου τμήματος του Ιερού Κουβουκλίου στην Ιερουσαλήμ, με βάση φωτογραμμετρικά δεδομένα που τέθηκαν σε επεξεργασία με λογισμικά ανοικτού κώδικα όπως το Visual-SFM και το MeshLab.

ABSTRACT

Archaeology as a science was strongly influenced by the aims and methodology of the natural sciences since its early beginning. It was by implementing their philosophy on the field, that it grew up to become a proper science leaving behind the era of unproven theoretical schemes. New and Processual Archaeology left their mark on the thinking and interpreting mechanisms, driven also by the use of new technological tools in all aspects of this discipline. The need for accurate documentation of all the tangible monuments of human culture is specifically outlined by different international bodies that have passed resolutions concerning the matter. The Venice Chart in 1964 set the path for others to follow in organizing and marking this kind of documentation.

Applied Science in Archaeology is a really broad topic that has altered the way research is conducted both on the field and the laboratory. Remote sensing, satellite photographs and more exact ways of dating are things that transform and make easier the life of archaeologists, opening the way at the same time to new scientific questions going deeper in the interpretation process. New documentation methods and equipment make simpler the whole procedure, letting people who are specialized in other areas to use and apply them by themselves at their own field.

3D modeling in archaeology still sounds like a thing from the future while the first actual model was built around 30 years ago in 1989. The visualization of their deductions, thoughts and scenarios allows archaeologists to put to the test their theories and consider new ways of interpretation while the ability of using 3D technology in every day excavating alters the whole procedure who can now be reversible in a digital form. By the use of a simple photographic camera and open source software- that is becoming more and more popular- an average archaeologist can perform things that would have seemed impossible a few years back without the help of a specialist. The practical part of this thesis aims exactly on that, to depict on a 3D model the North part of the Holy Aedicule in Jerusalem, based on photogrammetric data that were processed in open source software like Visual-SFM and MeshLab.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο όρος «Τεχνολογική Επανάσταση» χρησιμοποιείται κατά κόρον από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα και εξής, χαρακτηρίζοντας κάθε φορά τεχνολογικά επιτεύγματα που φαίνονται θαυμαστά στα μάτια της σύγχρονης τους επιστημονικής κοινότητας. Δεν είναι λίγες οι φορές που ο όρος επανάσταση έχει χρησιμοποιηθεί καθ' υπερβολή, ενώ κάποιες άλλες η χρήση του ήταν όντως δικαιολογημένη.

Η δημιουργία τόσων νέων τεχνολογιών και συσκευών, έχει αλλάξει τον τρόπο ζωής του ανθρώπου σε ένα ευρύτερο επίπεδο πρακτικών αλλά και ιδεολογικών προεκτάσεων. Νέες ιδέες και συμπεριφορές διαμορφώνουν εκ νέου τις κοινωνικές ισορροπίες, εκπορευόμενες από την ενσωμάτωση διαφορετικού είδους τεχνολογιών στην καθημερινότητά μας. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον, θα ήταν αδύνατο να μείνει ανεπηρέαστη η επιστημονική κοινότητα και ο τρόπος που παράγεται και μεταδίδεται η επιστημονική γνώση.

Η αρχαιολογία ως επιστήμη ανήκει στον θεωρητικό και ανθρωπιστικό κλάδο, δίνοντας την εντύπωση πως η ενσωμάτωση νέων στοιχείων στην καθημερινή εφαρμογή της γίνεται με αργό τρόπο και σε περιορισμένο επίπεδο. Στην παρούσα μελέτη, γίνεται προσπάθεια να ανατραπεί η άποψη αυτή καταγράφοντας την μετάλλαξη της αρχαιολογίας από θεωρητική σε θετική επιστήμη μέσω της χρήσης μεθόδων και τεχνολογιών που ανήκουν στη σφαίρα των θετικών επιστημών. Παράλληλα, ο νέος αρχαιολόγος έχει στα χέρια του ερμηνευτικά εργαλεία και δυνατότητες που σε παλαιότερες εποχές θα χρειάζονταν τη συνδρομή πολλών διαφορετικών ειδικοτήτων ώστε να γίνουν πραγματικότητα. Θα δοθεί λοιπόν έμφαση στη χρήση και χρησιμότητα των νέων τεχνολογιών που έχουν τεθεί στη διάθεση της αρχαιολογίας με μεγαλύτερη αναφορά και έμφαση στον τομέα της γεωμετρικής τεκμηρίωσης των υλικών καταλοίπων του παρελθόντος, ως κατεξοχήν συγγενές πεδίο πολιτιστικού ενδιαφέροντος. Οι τεχνολογικές εξελίξεις έχουν μεταλλάξει και διευκολύνει κατά πολύ την δουλειά των ειδικών, εντάσσοντας και σε ένα πρώτο επίπεδο και τους αρχαιολόγους στην εφαρμογή και ένταξη των νέων μεθόδων καταγραφής και αποτύπωσης στο αρχαιολογικό πρωτόκολλο.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μία αναφορά στις απαρχές της αρχαιολογικής επιστήμης, προκειμένου να επισημανθεί η ιδεολογική πορεία που διένυσε και η δημιουργία διαφορετικών θεωρητικών και ερμηνευτικών μοντέλων που σε μεγάλο βαθμό επηρεάστηκαν από τις εκάστοτε τεχνολογικές εξελίξεις. Η σύζευξη της αρχαιολογίας με τις θετικές επιστήμες άλλαξε τη θεωρητική προσέγγιση του παρελθόντος, ενώ παράλληλα δημιούργησε και μία νέα, καθαρά θετική επιστήμη,

επικεντρωμένη στις αρχαιολογικές ανάγκες. Οι αρχαιομετρικές μέθοδοι έδωσαν απαντήσεις σε ερωτήματα που ήταν αδύνατο να απαντηθούν με τον συμβατικό αρχαιολογικό τρόπο, δημιουργώντας παράλληλα νέα ερωτήματα, εμβαθύνοντας στην επιστημονική διαδικασία.

Η Πολιτισμική Κληρονομιά -υλική και άυλη- και η καταγραφή και συντήρησή της αποτελούν φλέγον ζήτημα και απασχολούν τις οργανωμένες κοινωνίες έντονα ήδη από το 19^ο αιώνα. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μία αναφορά στη διαδρομή της σύλληψης της συγκεκριμένης έννοιας και ανάγκης, αναφέροντας τις σημαντικότερες συνθήκες και οργανισμούς που διέπουν την προστασία των μνημείων, αναφέροντας επίσης και κάποιες σκέψεις πάνω στον ορισμό του μνημείου.

Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται μία πρώτη αναφορά στις νέες τεχνολογίες που εντάσσονται στην αρχαιολογική καθημερινότητα, έχοντας ως επίκεντρο την εμφάνιση των νέων υπολογιστικών λογισμικών και εργαλείων. Αναλύεται η έννοια της ψηφιακής ανασκαφής, ενώ παράλληλα γίνεται αναφορά στα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών που έχουν αλλάξει τον τρόπο οπτικής και ερμηνείας των αρχαιολογικών θέσεων και ευρημάτων, στις νέες πιο ευέλικτες τεχνικές διασκόπησης και εντοπισμού νέων θέσεων αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, αλλά και στις νέες και πιο αναλυτικές μεθόδους χρονολόγησης.

Πιο άμεσα συνδεδεμένο με τον αντικειμενικό σκοπό του πονήματος αυτού είναι το δεύτερο τμήμα που συνοψίζεται στα κεφάλαια 4 έως και 7. Στο επίκεντρο τίθενται οι δυνατότητες που έχει πλέον ένας αρχαιολόγος, ενός μέσου επιπέδου ψηφιακού αλφαριθμητισμού, να καταγράψει με πολύ χαμηλό ή και μηδενικό κόστος τα ευρήματα της ανασκαφής του χρησιμοποιώντας μία απλή φωτογραφική μηχανή και ανοικτά λογισμικά επεξεργασίας των δεδομένων.

Στο τέταρτο, λοιπόν, κεφάλαιο αναπτύσσεται το θέμα της επιστημονικής καταγραφής των αρχαιολογικών δεδομένων, αναφέροντας το αναλογικό παρελθόν αλλά και το ψηφιακό παρόν και μέλλον. Αναπτύσσονται αναλυτικά οι μέθοδοι καταγραφής και δίνεται έμφαση στην περαιτέρω εξήγηση της φωτογραμμετρίας, καθώς με τη μέθοδο αυτή συλλέχθηκαν τα πρωτογενή δεδομένα του πρακτικού τμήματος της διπλωματικής αυτής.

Ακολούθως, επισημαίνεται η τάση για διαφάνεια και ψηφιακή και επιστημονική ελευθερία που ευαγγελίζονται τα λογισμικά ανοικτής πρόσβασης. Η χρήση ελεύθερης πρόσβασης λογισμικών είναι μία προέκταση του νέου ψηφιακού κόσμου, διευκολύνοντας την επέκταση της εφαρμογής νέων ανασκαφικών μοντέλων και σε μεμονωμένους ερευνητές ή επιστημονικά εγχειρήματα με

περιορισμένο προϋπολογισμό. Σε αντίθεση με τη γενικότερη άποψη, τα λογισμικά αυτά είναι εξίσου λειτουργικά με τα αντίστοιχα εμπορικά, με μία αναλυτική αναφορά στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους να ακολουθεί στο τέλος του πέμπτου κεφαλαίου.

Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται μία εισαγωγή πάνω στην εφαρμογή των τρισδιάστατων μοντέλων ως μέσο οπτικοποίησης των αρχαιολογικών ερμηνειών, συμπερασμάτων αλλά και υποθέσεων, επικεντρώνοντας εν συνεχεία στον καίριο ρόλο τους πάνω στην ερμηνευτική διαδικασία αναφέροντας και κάποιες κριτικές σκέψεις πάνω στην όλη διαδικασία.

Ως απόδειξη του θεωρητικού πυρήνα πάνω στον οποίο βασίστηκε η διπλωματική αυτή, στο έβδομο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία δημιουργίας τρισδιάστατων μοντέλων των φατνωμάτων της βόρειας πλευράς του Ιερού Κουβουκλίου του ΠΑΝΑΓΙΟΥ Τάφου. Η συλλογή των πρωτογενών δεδομένων βασίστηκε στις αρχές της φωτογραμμετρίας και η μετέπειτα επεξεργασία τους έγινε πάνω σε ανοικτής πρόσβασης λογισμικά, όπως το VisualSFM και το MeshLab. Μία κριτική αξιολόγηση της όλης διαδικασίας ολοκληρώνει την προσπάθεια αυτή.

1. ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΘΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ:

ΕΡΩΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΜΑΤΙΑ

1.1 Απαρχές της επιστημονικής θεώρησης της αρχαιολογίας

Η αρχαιολογία¹ αποτελεί μία προσπάθεια ανάγνωσης των υλικών καταλοίπων του παρελθόντος με σκοπό την ερμηνευμένη πλέον απόδοση τους στο επιστημονικό και ευρύ κοινό. Είναι η επιστήμη που θα δώσει απάντηση σε ερωτήματα, που συνήθως έρχονται σε στιγμές χαλάρωσης ή κοιτώντας ένα ηλιοβασίλεμα σε ένα λόφο δίπλα στη θάλασσα. Ερωτήματα, όμως, που δεν παύουν να είναι τόσο θεμελιώδη όσο και η κάλυψη των σωματικών αναγκών του ανθρώπου, την οποία και συνήθως ακολουθούν σε επίπεδο συμπεριφοριστικής ολόκληρων κοινωνιών. Όπως ένα άτομο, αφού καλύψει τις άμεσες ανάγκες επιβίωσής του², αρχίζει και θέτει τόσο στον εαυτό του όσο και στο κοινωνικό περιβάλλον του ερωτήματα ανθρωπιστικού και υπαρξιακού ενδιαφέροντος, έτσι και μία συντεταγμένη πολιτειακή οντότητα, αφού καλύψει τα βασικά ζητήματα ύπαρξης και αυτοοργάνωσης, στρέφεται σε αναζητήσεις υποστήριξης της εγκυρότητάς της μέσω του παρελθόντος. Οι πρώτες ανασκαφές στην ιστορία³ πραγματοποιήθηκαν από βασιλείς της Εγγύς Ανατολής που έψαχναν τα ονόματα και τα έργα των προκατόχων τους ώστε να παρουσιαστούν ως συνεχιστές τους, ενώ ακόμη και η εκταφή των οστών του μυθικού ήρωα Θησέα από τους Αθηναίους στη Σκύρο διαπνέεται από την ίδια προσέγγιση.

Στη πιο κοντινή σε εμάς εποχή, το ενδιαφέρον για τα αρχαία αναθερμάνθηκε στο δυτικό κόσμο ήδη από την εποχή της Αναγέννησης. Το συντριπτικά μεγαλύτερο ποσοστό του αρχαίου κόσμου βρισκόταν είτε θαμμένο είτε χαμένο. Όχι όμως όλο. Περιμένοντας τη στιγμή της νέας δόξας τους, διάσπαρτα στο μεσογειακό χώρο, υπερκείμενα του εδάφους μνημεία⁴ έκαναν ακριβώς αυτό που λέει το όνομά τους. «Έφεραν μνήμη» -αν και κάποιες φορές λανθασμένα- όπως ο έφιππος ανδριάντας του Μάρκου Αυρηλίου, που επέζησε της μανίας των χριστιανών λόγω της λανθασμένης ταύτισής του με τον Μ. Κωνσταντίνο⁵. Η νέα αντίληψη πρόσληψης των μνημείων επικεντρωνόταν στο αισθητικό κριτήριο, το οποίο και έθεσε, ως νέο πρότυπο αναγνώρισης της αξίας τους. την κλασικότητά⁶ τους, με την σημασιολογική έννοια του όρου. Οι πρώτες αναγνώσεις της αρχαιότητας έγιναν υπό την

¹ Υπάρχουν διάφοροι ορισμοί για την επιστήμη της αρχαιολογίας που όλοι συμφωνούν πως πρόκειται για την προσπάθεια αφήγησης και ερμηνείας του παρελθόντος μέσω των υλικών καταλοίπων που έχει αφήσει.

² Για αυτό και η αρχαιολογία ανέκαθεν απασχολούσε τις μεσαίες και ανώτερες κοινωνικές τάξεις ενώ στις φτωχότερες τάξεις απαντάται και μία άλλη αντίληψη «αξιοποίησης» της αρχαιότητας μέσω της εμπορευματοποίησης της με παράνομους τρόπους.

³ Schnapp 2004, 21

⁴ Ετυμολογικά η λέξη προέρχεται από το ομηρικό ρήμα μνάομαι-μνώμαι και το μεταγενέστερο μμνήσκω-μμνήσκομαι ή, στα λατινικά το ρήμα moneo και από εκεί εν συνεχεία monumento, monument στις λατινογενείς γλώσσες

⁵ Holscher 2005, 34

⁶ Δημιουργήματα που η αξία τους παραμένει αναλλοίωτη τόσο τοπικά όσο και χρονικά.

αντιμετώπισή της ως ιστορία της αρχαίας τέχνης, όπως και οι πρώτες κατηγοριοποιήσεις της από τον B. Montfaucon το 1722 και τον J.J.Winckelmann⁷ εγκαινιάζοντας ένα βασικό στοιχείο του πυρήνα της παρούσας μελέτης, την διεπαφή της αρχαιολογίας με συγγενείς χώρους και επιστήμες που σταδιακά θα οδηγήσουν στην διαμόρφωση του χαρακτήρα της και στην αποκρυστάλλωσή της ως επιστήμη. Μεθοδολογικά δε, ήδη από το δεύτερο μισό του 16^{ου} αιώνα, η ερμηνεία και ταύτιση των μνημείων βασίστηκε στην προσεκτική και λεπτομερή παρατήρηση, μέτρηση και σχεδίασή τους⁸ εισάγοντας ένα δεύτερο στοιχείο που θα μας απασχολήσει στα επόμενα κεφάλαια, την τεχνική υποστήριξη της αρχαιολογικής πρακτικής από σωρεία άλλων ειδικοτήτων δημιουργώντας την επιστημονική εργαλειοθήκη των αρχαιογνωστικών επιστημών που σταδιακά λάμβανε μορφή μέσω των προσπαθειών ερμηνείας των αρχαίων αντικειμένων με τα οποία έρχονταν σε επαφή οι πρώτοι αυτοί *αρχαιοδίφες*⁹, που διαδέχθηκαν τους *ουμανιστές* της Αναγέννησης.

1.2 Οι πρώτες ανασκαφικές απόπειρες

Σε ένα κόσμο που άλλαζε με το ασημί που ερχόταν από το Νέο Κόσμο, η πρόσφατα δημιουργημένη αστική εμπορική τάξη βρήκε στην αρχαία ελληνική τέχνη τα πρότυπα αυτά (*μέτρο* και *ορθολογισμός*), τα οποία θα συνόψιζαν και θα ισχυροποιούσαν τις διεκδικήσεις της έναντι της αριστοκρατίας και παράλληλα θα αποτελούσαν τη βάση της πολιτικής της ιδεολογίας (καταμερισμός εξουσίας). Η δε αριστοκρατία είδε στην αρχαιότητα ένα νέο τρόπο επίδειξης, πλουτισμού και ίσως ανταγωνισμού, καταφεύγοντας στις πρώτες ανασκαφές αρχαιολογικών θέσεων στο Ηράκλειον (Herculaneum) και στην Πομπηία στο πρώτο μισό του 18^{ου} αιώνα¹⁰ καθαρά με τυχοδιωκτική λογική. Το ενδιαφέρον κατανόησης του πολιτισμικού πλαισίου των ευρημάτων εξέλιπε, καθώς δωμάτια μπαζώνονταν αμέσως μετά την «ανασκαφή» τους και τα ευρήματα μεταφέρονταν στα βασιλικά ανάκτορα προς στολισμό, μη καταγράφοντας καμία λεπτομέρεια για τη θέση ή τον τρόπο εύρεσής τους. Αξίζει να σημειωθεί πως τις ανασκαφές αυτές των Βουρβόνων παρακολούθησε και ο J.J.Winckelmann, χωρίς να διατυπώσει κάποιου είδους κρίση επί της διαδικασίας. Η Αρχαιολογία είχε δρόμο να διανύσει ακόμη ώστε να μετεξελιχθεί σε επιστήμη.

⁷ Holscher 2005, 36

⁸ Κουκουζέλη κ.α 2003, 20

⁹ Οι αρχαιοδίφες επικεντρώνονται στα υπάρχοντα εμπειρικά δεδομένα για να κατανοήσουν το παρελθόν, ενστερνιζόμενοι την αντίληψη του Sir Richard Colt Hoare (1758-1838), «Μιλάμε με στοιχεία και όχι με θεωρία».

¹⁰ Renfrew και Bahn 1991, 24-25



Εικόνα 1. Η ανασκαφή του ναού της Ίσιδος στην Πομπηία. Επιχρωματισμένο σκίτσο του P.Fabris, 1776

Τον 19^ο αιώνα πλέον τα πράγματα αλλάζουν στο πολιτικό πεδίο, έχοντας περάσει στην εποχή διαμόρφωσης ή προσπάθειας τουλάχιστον διαμόρφωσης εθνικών κρατών στην Ευρώπη. Η Γαλλική Επανάσταση αλλάζει τη θεώρηση του ατόμου για τον εαυτό του που αποζητά να θεωρείται πολίτης και όχι υπήκοος. Η πολιτειακή οργάνωση της αρχαίας Αθήνας βγαίνει από την αφάνεια αιώνων και αποκτά ξανά επίκαιρο χαρακτήρα. Νέοι τρόποι παραγωγής μεταλλάσσουν τον αγρότη της υπαίθρου σε εργάτη των πόλεων. Σε αυτό το πλαίσιο ακολούθως επιστήμες διαμορφώνονται και παγιώνονται, νέες ιδεολογίες καταλαμβάνουν τη θέση των παλιών, τα πάντα ερευνώνται με νέα οπτική και διάθεση. Οι άνθρωποι ζητούν ξανά απαντήσεις, τις οποίες και εξετάζουν υπό το πρίσμα της λογικής και όχι της θρησκείας.

1.3 Η Αρχαιολογία εξελίσσεται σε επιστήμη

Η στρωματογραφική ανάλυση και κατανομή των πετρωμάτων και των ιζημάτων και η «αρχή της Υπέρθεσης», όπως αυτή διαμορφώνεται από τη Γεωλογική επιστήμη¹¹, ή η εξελικτική θεωρία των ειδών του Δαρβίνου¹², επηρεάζουν τόσο την αρχαιολογική μεθοδολογία όσο και θεωρία¹³, συνεχίζοντας την διεπαφή και τη διαμόρφωση της εξελικτικής της αρχαιολογίας. Είναι η εποχή της διαμόρφωσης της έννοιας του πολιτισμού ως συνόλου χαρακτηριστικών που σχετίζονταν με ιδιαίτερες

¹¹ Όπως επίσης και η θεωρία του «ομοιομορφισμού» από τον Hutton το 1785

¹² Κουκουζέλη κ.α 2003, 248

¹³ Trigger 2006, 123. Το σύστημα των τριών εποχών από τον Δανό C.J. Thomsen αποτέλεσε ένα επαναστατικό βήμα για τη συστηματική ταξινόμηση του αρχαιολογικού υλικού.

πολιτισμικές ή εθνικές ομάδες του παρελθόντος, οι οποίες είχαν τον δικό τους τρόπο ζωής και τις δικές τους ιδέες, που μεταδίδονταν από γενεά σε γενεά διαμέσου της παράδοσης¹⁴.

Οι αρχαιολόγοι ως επιστήμονες πλέον καλούνται να αποδείξουν τις θεωρίες τους με απτά, υλικά επιχειρήματα όπως οι γεωλόγοι, οι βιολόγοι και οι ανθρωπολόγοι¹⁵ οπότε και καταφεύγουν στο πεδίο, τόσο για να στοιχειοθετήσουν τις απόψεις τους όσο και για να τις θέσουν σε δοκιμασία¹⁶. Το ότι ακριβώς έσκαβαν προκειμένου να αποδείξουν κάτι πολύ συγκεκριμένο - σκοπός ήταν να εντοπίσουν την ιστορική πραγματικότητα που κρυβόταν μέσα στους μύθους - αντανακλάτο και στο πρακτικό μέρος της διαδικασίας, στον τρόπο με τον οποίο έσκαβαν. Η χρήση δυναμίτη για απομάκρυνση επιχώσεων (!) ήταν μία επιλογή που ακολουθούσε κατά περίπτωση ο Σλήμαν, ενώ στην προσπάθειά του να φτάσει κυριολεκτικά σε βάθος την αποκάλυψη του Μινωικού Πολιτισμού, ο Έβανς παρέλειψε να ασχοληθεί ενδελεχώς με τα ανώτερα αρχαιολογικά στρώματα με αποτέλεσμα την ελλιπή γνώση μας για την μετέπειτα εξέλιξη και ιστορία της Κνωσού. Η έννοια του *τυχοδιωκτισμού* και του *αρχαιοσυλλεκτισμού* στην αρχαιολογία παραμένει ακόμη σε αυτό το σημείο της πορείας της μία σταθερά. Παράλληλα, όμως, είναι και η εποχή που η Αρχαιολογία αναπτύχθηκε σε κρατικό επίπεδο, οργανώθηκαν κρατικοί φορείς υπεύθυνοι για τη διεξαγωγή του αρχαιολογικού έργου και ιδρύθηκαν νέα κρατικά μουσεία με πλούσιες συλλογές στις μεγαλύτερες πόλεις¹⁷. Η Ρώμη βρίσκεται στο επίκεντρο του αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, καθώς ως πρωτεύουσα του νέου ιταλικού κράτους μετά το 1871 βρίσκεται κάτω από έντονη οικοδομική δραστηριότητα. Τα εντυπωσιακά πολλά αρχιτεκτονήματα που έρχονται στο φως, αποτυπώνονται από τον τοπογράφο Rudolfo Lanciani σε δύο μεγάλες σειρές έργων του παγιώνοντας τη σχέση της αρχαιολογίας με τις θετικές επιστήμες¹⁸. Η δε μεθοδολογία των θετικών επιστημών βρίσκει σιγά σιγά εφαρμογή και συμπλέκεται με τη θεωρητική φιλολογική εκπαίδευση και νοοτροπία των αρχαιολόγων του καιρού. Στυλιστικές αναλύσεις των ευρημάτων θέτουν σε έλεγχο τις γραπτές παραδόσεις και οι αρχαιολόγοι μετέρχονται των μεθόδων των πρακτικών επιστημών προκειμένου να αποδείξουν ή όχι την ορθότητα των απόψεων τους.

¹⁴ Κουκουζέλη κ.α. 2003, 254

¹⁵ Lucas 2001, 3

¹⁶ Σύμφωνα με τον πρώτο ανασκαφέα της Ολυμπίας Ernst Curtius (1814-1896) η ανασκαφή είναι για τον αρχαιολόγο ότι και το πείραμα για τον θετικό επιστήμονα.

¹⁷ Κουκουζέλη κ.α. 2003, 54

¹⁸ Holscher 2002, 37. Τα έργα του Lanciani αποτελούν τη βάση καταγραφής της ιστορίας της Ρώμης και εγκαινιάζουν πιθανώς την επίσημη σχέση της αρχαιολογίας με την τοπογραφία.

Η μετάβαση από τον 19^ο αιώνα στον εικοστό είναι και η εποχή της ωριμότητας και της σταδιακά πλήρους διαμόρφωσης της αρχαιολογίας σε επιστήμη με τα δικά της θεωρητικά και πρακτικά εργαλεία. Και αν η επιρροή των θετικών επιστημών στο αρχαιολογικό πεδίο είναι εύκολα κατανοητή σε πρακτικό επίπεδο, συνεχίζοντας να υπάρχει έως τις ημέρες μας με την εφαρμογή καινοτόμων τεχνικών μεθόδων στην καταγραφή και αποτύπωση των αρχαιολογικών ευρημάτων, εξίσου πρέπει να τονιστεί και ο σημαντικός ρόλος τους στη διαμόρφωση και παγίωση της αρχαιολογικής θεωρίας, παρουσιάζοντας το πλαίσιο μέσα στο οποίο αυτή αναπτύχθηκε.

Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα εντείνονται οι θεωρητικές συζητήσεις ανάμεσα στους αρχαιολόγους και τους ιστορικούς της τέχνης¹⁹. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η παραδοσιακή αρχαιολογία μέχρι τότε είχε ως αντικείμενο του ενδιαφέροντός της τα μεγάλα και «χτυπητά» ευρήματα, έργα και μνημεία, όπως ο Παρθενώνας ή τα όσα αναφέρονταν στα έργα του Ομήρου. Αυτού του είδους όμως η σύνδεση και προσπάθεια ανασύνθεσης της αρχαιότητας διακρίνεται από μία συγκεκριμένη προβληματική. Τα μηνύματα που μετέφεραν στους δέκτες των έργων αυτών οι κοινωνίες που τα κατασκεύασαν, αποτελούν ένα επεξεργασμένο, συνειδητό εξωραϊσμό της μορφής τους²⁰. Σκοπός είναι πλέον να κατανοήσουν μέσω του «ήθους»²¹ των έργων αυτών την εσωτερική οργάνωση των κοινωνιών που τα παρήγαγαν, ανασυνθέτοντας το ιστορικό γίνεσθαι μέσω της τέχνης της εποχής. Στην περίοδο του *ιστορισμού* κυριαρχεί η σχεδόν παρατακτική συγκέντρωση πληροφοριών που θα οδηγήσει στην αντικειμενική γνώση του παρελθόντος. Η Νευτώνεια θεώρηση του Κόσμου καταρρίπτεται την εποχή εκείνη από τη κβαντική φυσική και ο *θετικισμός* αποκτά ξανά μία νέα ανατρεπτική ορμή μη αφήνοντας ανεπηρέαστο τον θεωρητικό κλάδο, που πλέον αναζητά και αυτός *νόμους* που καθορίζουν και οριοθετούν την εξελικτική πορεία ολόκληρων πολιτισμών. Σε αντίθεση, όμως, με το «zeitgeist», αρχαιολόγοι όπως ο Dorpfeld συνεχίζουν να εφαρμόζουν μοντέλα που οι ίδιοι έχουν κατασκευάσει - βλ. Ομηρικό μοντέλο - για να ερμηνεύσουν κατά το δοκούν τα ανασκαφικά δεδομένα προκειμένου να αποδείξουν θεωρίες που έχουν εκ των προτέρων σχηματίσει, αγνοώντας τα πραγματικά ευρήματα και οδηγώντας την αρχαιολογική επιστήμη σε πλάνες και αδιέξοδα δεκαετιών²².

Οι αρχαιολόγοι μέχρι και το Δεύτερο Παγκόσμιο πόλεμο περνούν ακολούθως σε μία φάση ένταξης των θεμελιωδών στοιχείων της αρχαίας ιστορίας και πολιτισμού σε σταθερά συστήματα με

¹⁹ Κουκουζέλη κ.α. 2003, 48

²⁰ Holscher 2002, 41

²¹ Με την αρχαιολογική απόδοση του όρου ως αυτό που αποπνέει ως εντύπωση ένα έργο τέχνης.

²² Πολυχρονπούλου, 2003, 86-87

προκαθορισμένες εξελικτικές τροχιές μέσω εξαντλητικής και αυστηρής τυπολογικής και κατ' επέκταση, χρονολογικής ταξινόμησης των αρχαίων τεχνέργων. Κυριαρχεί αρχικά η θεωρία της «διάχυσης» των πολιτιστικών φαινομένων²³ με βάση την οποία οι εξελίξεις στο κοινωνικό και τεχνολογικό πεδίο λαμβάνουν χώρα μέσω εισβολών, μεταναστεύσεων και επαναστάσεων²⁴. Το δε πολιτικό τοπίο που διαμορφώνεται την εποχή εκείνη δεν είναι αμέτοχο των ιδεολογικών ρευμάτων που δημιουργούνται καθώς κάποιες θεωρίες χωρίζουν ολόκληρους πολιτισμούς σε ενεργητικούς και παθητικούς.

1.4 Εφαρμογή της μεθοδολογίας των Θετικών Επιστημών και η νέα ερμηνευτική

Το τοπίο αρχίζει και αλλάζει, ως είναι φυσικό, μετά τον πόλεμο. Η ανακάλυψη της μεθόδου ραδιοχρονολόγησης το 1948 από τον Αμερικανό F.Libby²⁵ έδωσε νέες δυνατότητες στους αρχαιολόγους ώστε να επαληθεύσουν την ακρίβεια ή όχι των χρονολογήσεων που είχαν ήδη κάνει μέσω συσχετισμών ευρημάτων και θέσεων²⁶, δίνοντας παράλληλα νέο χαρακτήρα στην αρχαιολογική επιστήμη και οδηγώντας, μία δεκαετία περίπου μετά, στο θεωρητικό μετασχηματισμό της *αρχαιολογίας* μετατρέποντας το παρελθόν από ιστορικό φαινόμενο που χρήζει ανασύνθεσης σε φυσική διαδικασία προς απόδειξη και σε κοινωνικό περιβάλλον προς ανάλυση. Μέσω νέων ιδεολογικών ρευμάτων που αναπτύσσονται μετά τον πόλεμο στην Ευρώπη (Αγγλία και Γαλλία) και στην Αμερική στο επίκεντρο της έρευνας της αρχαιολογίας τίθεται ολόκληρος ο υλικός πολιτισμός, γεγονός που πέρα από θεωρητικές έχει και πρακτικές συνέπειες χρησιμοποιώντας πλέον διαφορετικές μορφές και μεθόδους επιστημονικής ανάλυσης²⁷.

Διαφορετικού είδους υλικές μαρτυρίες και κατάλοιπα, όπως μικρά χρηστικά αντικείμενα ή γενικότερες αναλύσεις χωροταξικού διαμοιρασμού θέτουν νέα ζητήματα ανθρωπολογικού, κοινωνικού ή και πολιτιστικού ενδιαφέροντος. Τη δεκαετία του 1960 έρχεται στο προσκήνιο από τον Αμερικανό L.R. Binford ένα καινούριο θεωρητικό κίνημα, η «Νέα Αρχαιολογία» με διαφορετική προσέγγιση στην έννοια και στην ιστορία του πολιτισμού εν συγκρίσει με τις παραδοσιακές αρχαιολογικές θεωρίες²⁸ καθώς δεν τον αντιμετωπίζει ως προϊόν μίας συγκεκριμένης ιστορικής

²³ Κουκουζέλη κ.α. 2003, 50

²⁴ Κουκουζέλη κ.α. 2003, 255

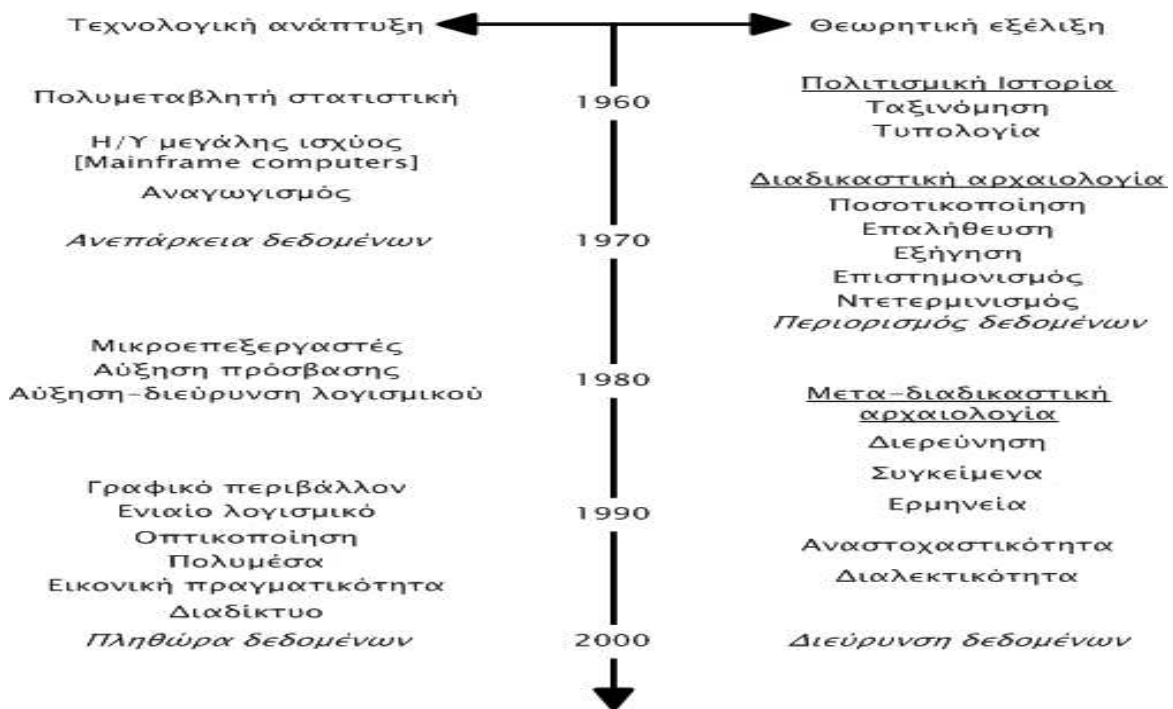
²⁵ Trigger 2006, 382

²⁶ Trigger 2006, 382

²⁷ Holscher 2002, 41

²⁸ Για τα ερμηνευτικά αδιέξοδα της αρχαιολογίας την εποχή εκείνη βλ. Renfrew 1991, 40

συγκυρίας, αλλά ως την προσπάθεια του ανθρώπου να προσαρμοστεί καλύτερα στα φυσικά και τεχνητά (κοινωνικά) περιβάλλοντα με τα οποία έρχεται σε επαφή.



Εικόνα 2. Οι παράλληλες εξελίξεις στην ψηφιακή τεχνολογία και την αρχαιολογική θεωρία (προσαρμοσμένο από Lock 2003, εικ.1.2)²⁹

Η πολιτισμική εξέλιξη των κοινωνιών καθορίζεται από συγκεκριμένους νόμους και μπορεί να υπαχθεί σε συστημικές δομές³⁰. Ο αντικειμενικός προσδιορισμός και η εισαγωγή μοντέλων πρόβλεψης τέθηκαν πλέον στο επίκεντρο. Όπως ακριβώς οι φυσικοί επιστήμονες προσδιόριζαν τους νόμους και την εξελικτική διαδικασία του φυσικού περιβάλλοντος, έτσι και οι αρχαιολόγοι θα μπορούσαν να κάνουν το ίδιο στο ανθρώπινο κοινωνικό και πολιτισμικό περιβάλλον υπό τον όρο της υιοθέτησης αυστηρών επιστημονικών κριτηρίων και μεθόδων, τις οποίες θα δανείζονταν ξανά από τις θετικές επιστήμες, με έμφαση στο υποθετικό – παραγωγικό – νομολογικό μοντέλο των τελευταίων³¹. Τούτο σήμαινε έλεγχο όλων των υποθέσεων που θα διατυπώνονταν, με αντικειμενικό τρόπο, ξανά κατά το αυστηρό επιστημονικό πρότυπο των θετικών επιστημών. Η επιστημολογική απόσταση των θετικών και θεωρητικών επιστημών κρίθηκε έως και ανύπαρκτη και οι αρχαιολόγοι για να ερμηνεύσουν επιτυχημένα και με απτά συμπεράσματα την ανθρώπινη εξελικτική διαδικασία έπρεπε

²⁹ Κατσιάνης 2012, 46

³⁰ Hodder 2002, 20

³¹ Hodder 2002, 21

να ενδυθούν το μανδύα του θετικού επιστήμονα³² όντας και οι πρώτοι αρχαιολόγοι που χρησιμοποίησαν υπολογιστές για την αποθήκευση των δεδομένων τους³³.



Εικόνα 3. Οι αρχαιολογικές θεωρητικές διαμάχες στα τέλη του προηγούμενου αιώνα.

Στο επίκεντρο της νέας αρχαιολογικής έρευνας εντάσσεται η γραμμικά εξελικτική πορεία των πολιτισμών, οι οποίοι αντιμετωπίζονται ως ένα οργανωμένο σύνολο στοιχείων εντασσόμενο μέσα σε ένα ενιαίο σύστημα, το οποίο και μεταβάλλεται ακολουθώντας μία συγκεκριμένη διαδικασία. Η αποκρυπτογράφηση αυτής της τελευταίας αποτελεί και τον κεντρικό στόχο της *Νέας Αρχαιολογίας* που μετεξελίσσεται πλέον σε *Διαδικαστική Αρχαιολογία*. Το πολιτισμικό σύστημα και η διαδικασία παραγωγής αποτελούν μετρήσιμα μεγέθη και οντότητες με την έννοια που ενέχει ο όρος στις θετικές επιστήμες³⁴. Η ΜεταΔιαδικαστική αρχαιολογία, που ακολούθησε ως κριτική θεώρηση των προηγούμενων, οφείλεται εν μέρει στο μεταθετικισμό³⁵ και έδωσε έναυσμα για μία νέα σειρά προσεγγίσεων που συγκεντρώνονται υπό τον τίτλο *ερμηνευτικές αρχαιολογίες*³⁶.

1.5 Μία νέα επιστήμη: η Αρχαιομετρία

Διαγιγνώσκεται, λοιπόν, εύκολα, με βάση τα ως άνω αναφερόμενα, πως σε μεγάλο βαθμό η αποκρυστάλλωση της αρχαιολογίας ως επιστήμη και η επίλυση μεθοδολογικών, αλλά και ιδεολογικών κατευθύνσεων της έρευνας, καθορίστηκαν και βρήκαν απάντηση στο πεδίο των θετικών επιστημών αντλώντας σε θεωρητικό επίπεδο τα στοιχεία που πέρασαν την αρχαιολογία από το στάδιο της «Αυθεντίας» σε αυτό των επιστημονικά ελέγξιμων συμπερασμάτων.

³² Hodder 2002, 21

³³ Renfrew 1991, 41

³⁴ Hodder 2002, 21

³⁵ Τα συμπεράσματα της επιστήμης βασίζονται μεν σε 'απτές' ενδείξεις του πραγματικού κόσμου, αλλά μπορούν να τροποποιηθούν ή να ανατραπούν από νέα επιστημονικά δεδομένα (Karl Popper).

³⁶ Κουκουζέλη κ.α. 2003, 269

Το μπόλιασμα αυτό με τις θετικές επιστήμες και τα τεχνολογικά τους επιτεύγματα είχε εφαρμογή και σε πρακτικό και εφαρμοσμένο επίπεδο, δημιουργώντας μάλιστα μία νέα επιστήμη, την Αρχαιομετρία. Πρόκειται για έναν διεπιστημονικό κλάδο, ο οποίος αντλεί τα εργαλεία του από το σύνολο των θετικών επιστημών, δηλαδή τη φυσική, τη χημεία, τα μαθηματικά, την αστρονομία, την γεωλογία και τη βιολογία, και εστιάζεται στις ανθρωπιστικές επιστήμες με ιδιαίτερη εφαρμογή στην αρχαιολογία και την ιστορία της τέχνης. Η ανάπτυξη του κλάδου της αρχαιομετρίας προέκυψε από την ανάγκη επίλυσης προβλημάτων της αρχαιολογικής έρευνας, που οι παραδοσιακές μέθοδοι αδυνατούσαν να καλύψουν³⁷. Τα βασικά στάδια εφαρμογής της αρχαιομετρίας συμπεριλαμβάνουν τα εξής:

- Φυσικές και χημικές μέθοδοι χρονολόγησης αρχαιολογικού υλικού.
- Μελέτες εξέτασης και ανάλυσης αρχαιολογικού υλικού και έργων τέχνης.
- Προσεγγιστικές περιβαλλοντικές εφαρμογές που σχετίζονται με πληροφορίες σχετικά με το κλίμα, την πανίδα, την χλωρίδα, τις συνθήκες διαβίωσης κτλ. του παρελθόντος.
- Μαθηματικές μέθοδοι αξιολόγησης και στατιστικές μελέτες προτύπων βάσεων δεδομένων.
- Γεωφυσικές μελέτες και εφαρμογές για την ανάλυση αρχαιολογικών πεδίων και ανασκαφών.
- Εφαρμογές στον τομέα της συντήρησης αρχαιολογικών αντικειμένων και έργων τέχνης που σχετίζονται με την διερεύνηση των παραγόντων και της εξέλιξης νέων υλικών και μεθόδων συντήρησης.

Η μελέτη των υλικών στην αρχαιολογία περιλαμβάνει δύο στάδια. Πρώτον, τη διερεύνηση των διεργασιών παραγωγής, διασποράς και χρήσης των αντικειμένων και, δεύτερον, την ερμηνεία των αποτελεσμάτων με σκοπό την κατανόηση της συμπεριφοράς των πολιτισμών που παρήγαγαν και χρησιμοποίησαν τα συγκεκριμένα υλικά. Τα βασικότερα αντικείμενα μελέτης της αρχαιομετρίας για τα πολιτιστικά αντικείμενα μπορούν να συνοψιστούν στα ακόλουθα:

- Η χρονολόγηση των αντικειμένων, καθώς και των αρχαιολογικών συνόλων, στα όποια ανήκουν. Οι αρχαιολογικές μελέτες βασίζονται στην χρήση σταθερών κριτηρίων για την

³⁷ Η αρχαιομετρία αποτελεί την ανάπτυξη και εφαρμογή μεθόδων και θεωριών των φυσικών επιστημών προκειμένου να συμβάλλουν στην επίλυση ερωτημάτων πολιτιστικού και ιστορικού ενδιαφέροντος (Wagner,2007)

σύγκριση των αντικειμένων και την δημιουργία μια απόλυτης χρονολογικής κλίμακας. Στόχος τους είναι η εξασφάλιση όσο το δυνατόν πιο αντικειμενικών αποτελεσμάτων.

- Η ταυτοποίηση της προέλευσης των αντικειμένων, αλλά και του υλικού κατασκευής. Η χρήση των τεχνολογικών μεθόδων σε συνδυασμό με την αρχαιολογική γνώση συμβάλλει στον προσδιορισμό των εργαστηρίων παραγωγής των ευρημάτων και στην ταύτιση των κατηγοριών που παράγονταν σε καθένα από αυτούς, ενισχύοντας τις γνώσεις μας για τις επαφές, τις οικονομικές, πολιτιστικές και άλλου είδους δραστηριότητες μεταξύ των πολιτισμών
- Η μελέτη της τεχνολογίας των υλικών και των αντικειμένων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την αρχαιότητα³⁸.
- Η αρχαιολογία χρειάζεται να λάβει υπόψη της όλες τις διαθέσιμες πηγές δεδομένων ακόμη κι αυτές που είναι αόρατες στο γυμνό μάτι και χρειάζεται τη συνδρομή άλλων επιστημονικών κλάδων ώστε να αποκαλυφθούν. Η αρχαιομετρία πλέον είναι αναπόσπαστο κομμάτι της αρχαιολογικής καθημερινότητας με βασικότατο ρόλο για την απάντηση, αλλά και για την ανάπτυξη νέων ερωτημάτων.

Στην ουσία η αρχαιομετρία ανοίγει εντελώς νέους δρόμους στην έρευνα, δίνοντας απαντήσεις σε θέματα όπου οι συμβατικές αρχαιολογικές μέθοδοι σπάνια μπορούν να ακολουθήσουν, καθώς είναι μετρημένα τα αρχαιολογικά ευρήματα που μπορούν να χρονολογηθούν απόλυτα με βάση γνωστά ιστορικά γεγονότα, όπως π.χ. η περσική επίχωση στην Ακρόπολη το 480 π. Χ.

³⁸ Τα παραπάνω στοιχεία αντλήθηκαν κυρίως από την ιστοσελίδα <http://www.nikias.gr/ell/categories/αρχαιομετρία> ενώ για περισσότερες πληροφορίες πάνω στο θέμα βλ. Λυριτζής 1994.

**2. Η παγκόσμια Πολιτιστική Κληρονομιά
και το ζήτημα
της προστασίας και καταγραφής της**

2.1 Από τα «Αρχαία Μνημεία» στην «Πολιτιστική Κληρονομιά»

Το πρώτο σημείο καμπής στην ιστορία και εξέλιξη της αρχαιολογίας ήταν η μετάβαση από το στάδιο του *αρχαιοσυλλεκτισμού* σε αυτό της έρευνας και εξονυχιστικής εξέτασης των ορατών μνημείων, προκειμένου να εξαχθεί με τον τρόπο αυτό κάθε στοιχείο ιστορικής πληροφορίας που υπήρχε μέσα σε αυτά. Πρωτοποριακό ρόλο έπαιξε ο Α. Παλλάντιο με την πρώτη καταγραφή των μνημείων της Ρώμης³⁹, ενώ το έργο του συνεχίστηκε από τη Βασιλική Σχολή Αρχιτεκτονικής της Γαλλίας στα μέσα του 16^{ου} αιώνα. Λίγο αργότερα (1682) ο επίσης Γάλλος Ντε Γκοντέ εκδίδει το βιβλίο του «Οι αποτυπώσεις των κτιρίων της Ρώμης, μετρημένες επακριβώς», ενώ ενδιαφέρον παρουσιάζει η αντίθετη άποψη του Λε Ρουά -που μάλιστα κυριάρχησε κιόλας- πως πιο σημαντική είναι η τυπολογία και οι αναλογίες των μνημείων παρά οι ακριβείς μετρήσεις τους⁴⁰. Η καταγραφή και απεικόνισή τους με τα εκάστοτε τεχνικά μέσα - λ.χ. τα σχέδια αρχαίων ναών και μνημείων των περιηγητών του 18^{ου} αιώνα - βρέθηκαν από την αρχή στο επίκεντρο εντοπίζοντας, ασυναίσθητα ίσως, μία πρωτογενή και ουσιαστική πτυχή του όλου θέματος. Την καταγραφή της κατάστασης ενός υλικού μνημείου σε μία συγκεκριμένη και δεδομένη χρονική στιγμή, με σχετική έμφαση στην μετρητική διάσταση και ακρίβεια προκειμένου αυτό να μεταδοθεί πληρέστερα στο γενικότερο-ευρύ και επιστημονικό- κοινό της εποχής, που λόγω αποστάσεων και πολιτικών συνθηκών της περιόδου, ήταν μάλλον απίθανο να έχουν την ευκαιρία να επισκεφθούν τον χώρο οι ίδιοι. Εδώ βρίσκουμε, επίσης, τα σπάργανα του υπερεθνικού χαρακτήρα που χαρακτηρίζει κάθε ανθρώπινο δημιούργημα, τον ορισμό της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς. Μία ξύλινη αφρικάνικη μάσκα, μία αιγυπτιακή σαρκοφάγος και ένα αρχαίο ελληνικό άγαλμα παρουσιάζουν - άλλο λιγότερο και άλλο περισσότερο - ενδιαφέρον για ένα-μη επιστημονικό- κοινό, που ανήκει σε διαφορετικό γεωγραφικό χώρο (Β. Ευρώπη) και σε διαφορετική ιστορική εποχή από αυτή της κατασκευής των μνημείων⁴¹.

³⁹ A.Palladio,*Οδηγός των κλασικών ερειπίων της Ρώμης*, 1571

⁴⁰ Πατιάς 2009, 70

⁴¹ Γκανιάτσας, 2016, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις: Για τις αξίες ως συστατικά στοιχεία των ποικίλων μορφών και εύρους μνημείων και τόπων αρχαιολογικής, αρχιτεκτονικής, ιστορικής, παραδοσιακής και βιομηχανικής κληρονομιάς, έχουν κατά καιρούς προταθεί πολλά συστήματα θεώρησης με διαφορετικές κατηγοριοποιήσεις και κυρίως διαφορετικές ιεραρχήσεις αξιών. Σε όλες τις περιπτώσεις, οι αξίες των μνημείων περιλαμβάνουν αντικειμενικές αλλά και υποκειμενικές κρίσεις και αυτό αφορά σε κοινωνίες, κοινωνικές ομάδες αλλά και τις προσωπικές σχέσεις με τα μνημεία ως φορείς του ενεργού παρελθόντος. Όλα τα συστήματα μνημειακών αξιών μπορούν να διακριθούν σε δύο ομάδες, ανάλογα με την κοσμοθεωρία και την εμπειρία του προτείνοντος και τη μεθοδολογία που προτείνει. Η πρώτη ομάδα θεωριών/ θεώρησεων εντοπίζει τις μνημειακές αξίες με εμπειρικό τρόπο, ως αποτέλεσμα ενασχόλησης με την προστασία μνημείων και η αναφορά τους είναι διαπιστωτική της πρακτικής εμπειρίας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της θεώρησης είναι αυτή του Bernard Feilden με τη δεύτερη του Alois Riegl να επιχειρεί να οργανώσει τις μνημειακές αξίες με ένα συστηματικό τρόπο ώστε να αποτελεί μεθοδολογικό εργαλείο για κάθε μνημείο. Η

Χαρακτηριστικό παράδειγμα, από την άλλη - του πώς τα ορατά και απτά μνημεία αποτελούν για την πλατιά μάζα τον ορισμό της «Εθνικής Κληρονομιάς» - αποτελεί η περίπτωση της Ελληνικής Επανάστασης μέσα στο ιστορικό πλαίσιο των αρχών του 19^{ου} αιώνα, όπου και πραγματοποιήθηκε. Σε μεγάλο βαθμό η ανάμνηση ενός ένδοξου παρελθόντος, που αντικατοπτριζόταν στα διάσπαρτα ανά τον ελληνικό γεωγραφικό χώρο αρχαία κατάλοιπα, οδήγησε στην εθνική χειραφέτηση και αποτέλεσε ένα από τα ιδανικά της απελευθέρωσης. Η φράση του Μακρυγιάννη πως «για αυτά πολεμάμε» και ο μύθος πως οι ίδιοι οι Έλληνες έδιναν μολύβι για τις σφαίρες στους Τούρκους προκειμένου οι τελευταίοι να μην το παίρνουν από τη συνδεσμολογία των αρχαίων κίωνων πάνω στην Ακρόπολη, δείχνουν ακριβώς πώς μία κοινωνία υπό δημιουργία αντιμετωπίζει τα κατάλοιπα, στα οποία βρίσκει συναισθηματική επαφή και αναφορά. Για όσα δεν εντάσσονται στα κριτήρια αυτά, η καταστροφή των οθωμανικών θρησκευτικών αρχιτεκτονημάτων μετά την επικράτηση των Ελλήνων δείχνει την τύχη που μία τέτοια κοινωνία τους επιφυλάσσει.

Με την Αναγέννηση και μετέπειτα εισάγεται σταδιακά η έννοια της *Πολιτιστικής*⁴² *Κληρονομιάς*, μία ορολογία με δάνειο από τη νομική επιστήμη⁴³. Η θεώρησή της αλλάζει ανά τις εποχές, ενώ, στο όνομά της και για την προστασία της, έχουν διαπραχθεί φρικτά πολιτιστικά εγκλήματα με προεξάρχον τον εγκλεισμό των Μαρμάρων του Παρθενώνα στο Βρετανικό Μουσείο. Η ίδια η έννοια της δημιουργίας μουσείων όπως το Λούβρο και το Βρετανικό ξεκίνησε θεωρητικά προκειμένου να υπάρχουν «Κιβωτοί» συσσώρευσης και διάσωσης των ανθρώπινα κατασκευασμένων αριστουργημάτων ανεξαρτήτως μεγέθους όπως δείχνουν η μεταφορά του μνημείου των Νηρηίδων στο Βρετανικό και ο Βωμός της Περγάμου στο Βερολίνο. Όσο περισσότερα και σπουδαιότερα τα ευρήματα, τόσο μεγαλύτερο το κλέος της πόλης και της χώρας στην οποία ανήκει το μουσείο, τόσο πιο δικαιολογημένη η οικουμενικότητα της αυτοκρατορίας που το στέγαζε στην πρωτεύουσά της. Η έλλειψη της κατανόησης και ευαισθησίας για την Πολιτιστική Κληρονομιά των κατακτημένων λαών- πάντα με το ανάλογο *μπαχτσίσι*- της Οθωμανικής αυτοκρατορίας επέτρεπε στους αρχαιολόγους της

προσέγγιση αυτή συνήθως εκκινεί από φιλοσοφικές καταβολές σχετικές με την αισθητική, την φιλοσοφία της ιστορίας και την κριτική των τεχνών.

⁴² Ως Πολιτιστική Κληρονομιά θα μπορούσε να οριστεί το σύνολο των αγαθών και των υπηρεσιών του πολιτισμού που αποτελούνται από την Άυλη Κληρονομιά όπως είναι οι εκφράσεις, οι γνώσεις, οι δραστηριότητες, τα έθιμα, οι χοροί, η μουσική και τα τραγούδια κ. λ. Πανάγιος και από την «Εθνική Κληρονομιά» που προσδιορίζει τον απτό πολιτισμό της Χώρας που αποτελείται από τα φυσικά αντικείμενα και χώρους της πολιτιστικής ιδιοκτησίας και περιουσίας της. Στην δεύτερη περίπτωση ανήκουν τα μνημεία, οι αρχαιολογικοί χώροι, τα παλαιά κτίρια που έχουν ανακηρυχθεί ως μνημεία, έργα τέχνης, βιβλία και άλλα αντικείμενα της πνευματικής κληρονομιάς. Επίσης, στην ίδια περίπτωση ανήκουν τα τοπία της βιοποικιλότητας που ονομάζονται αρμοδίως ανάλογα με την περίπτωση των, Πανάγιος χ. (περιοχές Natura 2000, Τοπία Απείρου Κάλλους κ.ά.)

⁴³ Erica Avrami et al. (eds) 2002, 59

εποχής την μεταφορά των ευρημάτων στις χώρες τους, συνεχίζοντας τον τυχοδιωκτισμό των Βουρβόνων αυτή τη φορά όμως με την πρόφαση της επιστημοσύνης των πρώτων αυτών οργανωμένων ανασκαφών.

Παράλληλα, η μεταβολή στις αξίες και τα ενδιαφέροντα του κοινωνικού συνόλου είναι δυνατό να διαφοροποιηθεί ανάμεσα σε γενιές με άμεσο αποτέλεσμα ως προς το τι αποτελεί στοιχείο πολιτισμού, το οποίο και πρέπει να καταγραφεί και να περισωθεί⁴⁴. Επίσης, η αλλαγή των τρόπων παραγωγής με τη βιομηχανική επανάσταση οδήγησε στην αστυφιλία και τη δημογραφική έκρηξη των πόλεων, με αποτέλεσμα την άγρια εμπορευματοποίηση της γης στα ιστορικά κέντρα τους και τη συνεπακόλουθη καταστροφή παλαιών κτιρίων⁴⁵. Λόγω των συνθηκών αυτών, ξεκινούν κατά τον 19^ο αιώνα η συστηματική καθιέρωση κανόνων δικαίου και η ίδρυση διοικητικών οργάνων για την προστασία των αρχαιολογικών, κυρίως, μνημείων, ενώ η ίδρυση οργανωμένων κρατών από την Ελλάδα και την Ιταλία τον ίδιο αιώνα οδήγησε σε περισσότερο έλεγχο και βελτίωση της κατάστασης.

Η τακτική της αρπαγής πολιτιστικών θησαυρών από κατακτημένες χώρες ακολουθήθηκε και στην πιο πρόσφατη προσπάθεια δημιουργίας αυτοκρατορίας με στρατιωτικά μέσα, έχοντας ως όραμα τη δημιουργία ενός *υπερμουσείου* στη νέα πρωτεύουσα του κόσμου, το Βερολίνο. Έχοντας κατά νου τα παραδείγματα αυτά, και ειδικά μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο πόλεμο, τα κράτη ευαισθητοποιήθηκαν στο να δημιουργήσουν θεσμούς και οργανισμούς που επιφορτίστηκαν το καθήκον της διατήρησης της πολιτιστικής κληρονομιάς από την προηγούμενη γενιά στην επόμενη. Οι Διεθνείς Οργανισμοί (κυβερνητικοί και μη κυβερνητικοί) αποτελούν οργανωμένες δομές, η λειτουργία και η δραστηριότητα των οποίων διαμόρφωσε και συνεχίζει να διαμορφώνει ένα πολυδιάστατο νομικό πλαίσιο. Αν και το πλαίσιο αυτό τυγχάνει ευρείας αποδοχής με αποτέλεσμα πληθώρα κρατών να σπεύδει να κυρώσει τις ανάλογες συμβάσεις, δύσκολα επιτυγχάνεται η πραγματική εφαρμογή του γράμματος του νόμου και ακόμα δυσκολότερα εφαρμόζεται η αποτελεσματική προστασία των αρχαιοτήτων και άλλων αγαθών, καθώς μέχρι σχετικά πρόσφατα⁴⁶ δεν υπήρχαν καταδίκες για καταστροφή αρχαιοτήτων σε πολεμικές συρράξεις με τους νόμους αυτούς να έχουν περισσότερο την ισχύ οδηγιών. Σε κάθε σύγχρονη πολεμική εμπλοκή, τα κινητά και ακίνητα κατάλοιπα του πολιτισμού βρίσκονται στην πρώτη γραμμή των θυμάτων, όπως μας δείχνει η

⁴⁴ Η σφυρική γλώσσα της Αντιάς Ευβοίας αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα άυλου πολιτιστικού στοιχείου που βρέθηκε στο χείλος της εξαφάνισης χωρίς να καταγραφεί.

⁴⁵ Μητούλα 1999, 67

⁴⁶ Το 2004 ο Σέρβος Miodrag Jokic καταδικάστηκε από το διεθνές Δικαστήριο της Χάγης σε επταετή φυλάκιση για ηθελημένη καταστροφή πολιτιστικού μνημείου ενώ το 2016 ο Ahmad al-Mahdi καταδικάστηκε για την καταστροφή 9 Μουσουλείων και μίας πόρτας αρχαίου τζαμιού στο Τιμποκτού.

τύχη που επεφύλασσαν οι Ταλιμπάν στους Βούδες της Μπαμιγιάν το 2001 και η καταστροφή των αρχαιοτήτων της Παλμύρας από τους Τζιχαντιστές του ISIS.

2.2 Συμβάσεις για την Προστασία της Πολιτιστικής Κληρονομιάς⁴⁷

Σημαντικό βήμα προς την κατεύθυνση της διατήρησης έγινε με τον ακριβή ορισμό της έννοιας των *Πολιτιστικών Αγαθών* στη σύμβαση της Χάγης (1954) για την προστασία των πολιτιστικών αγαθών σε εμπόλεμες ζώνες. «α. *Τα αγαθά, κινητά ή ακίνητα, τα οποία παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον δια την πολιτιστική κληρονομιά των λαών, τα οποία έτσι όπως είναι παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον ιστορικό ή καλλιτεχνικό, τα έργα τέχνης, τα χειρόγραφα, βιβλία και άλλα αντικείμενα καλλιτεχνικού, ιστορικού ή αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, όπως επίσης οι επιστημονικά συλλογαί και οι συλλογαί βιβλίων, αρχείων ή πιστών αντιγράφων των αγαθών, τα οποία περιγράφονται κατωτέρω, β. Τα οικοδομήματα των οποίων κύριος και πραγματικός σκοπός είναι η διαφύλαξις ή η έκθεσις των κινητών πολιτιστικών αγαθών ως ορίζονται στο εδάφιο (α), όπως τα μουσεία, οι μεγάλες βιβλιοθήκες, οι χώροι φυλάξεως αρχείων όπως επίσης και τα καταφύγια, τα προοριζόμενα να προστατεύσουν εις περίπτωσιν ενόπλου συρράξεως τα κινητά πολιτιστικά αγαθά, τα οριζόμενα εις το εδάφιο (α). γ. Τα κέντρα, τα οποία περιέχουν σημαντικόν αριθμόν πολιτιστικών αγαθών εκ των οριζομένων εις τα εδάφια 9α) και (β) και ονομάζονται «κέντρα περιέχοντα μνημεία». Στη Σύμβαση δεν γίνεται διάκριση μεταξύ πολιτιστικών αγαθών τοπικής ή περιφερειακής σημασίας και διεθνούς σημασίας, διότι θεωρούνται όλα άξια της ίδιας προστασίας.»*

Στην ουσία αποτέλεσε την πρώτη φορά που υπογράφεται διακρατική συμφωνία για πολιτιστικά θέματα όπου και εμφανίζεται αγνά η έννοια της κοινής ευρωπαϊκής κληρονομιάς, έννοια που είχε πρωτοεμφανισθεί με τη Χάρτα των Αθηνών. Όσον αφορά στον ορισμό της έννοιας των πολιτιστικών αγαθών - ζήτημα ανοικτό έως και σήμερα - τούτος δεν απαντάται ενιαίος στις εσωτερικές νομοθεσίες των κρατών, αλλά ούτε και στις κατά καιρούς συμβάσεις και συμφωνίες μεταξύ τους⁴⁸. Ένας ορισμός που θα μπορούσε να δοθεί είναι «ως πολιτιστικά αγαθά και πολιτιστική κληρονομιά νοούνται πλέον όλα τα κατάλοιπα που τεκμηριώνουν διαχρονικά τις ανθρώπινες δοξασίες, δραστηριότητες και επιτεύγματα και των οποίων η διαφύλαξη είναι απαραίτητη για την πνευματική και ψυχική ισορροπία,

⁴⁷ Για μία συγκεντρωτική απαρίθμηση και καταγραφή των συμβάσεων, των Χαρτών και της γενικότερης πορείας διαμόρφωσης του τοπίου γύρω από την Πολιτιστική Κληρονομιά βλέπε Abdulkawi, 2007, O'Keefe και Prott 2011 και Petzet και Ziesemer 2004.

⁴⁸ Μπιτσάνη 2004, 36

την ποιότητα ζωής και την πολιτιστική ταυτότητα των σημερινών ανθρώπων και των μελλοντικών γενεών.»⁴⁹.

Η προσπάθεια δημιουργίας νομικού πλαισίου και επίσημης καταδίκης για την καταστροφή πολιτιστικών μνημείων ξεκίνησε ήδη από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα⁵⁰ σε συνάντηση το 1874 δεκαπέντε κρατών στις Βρυξέλλες προκειμένου να θέσουν τους νόμους διεξαγωγής του πολέμου. Το 1899, με πρωτοβουλία του τελευταίου Τσάρου, Νικολάου Β΄, συγκλήθηκε στην Ολλανδία ένα νέο συνέδριο πάνω στο θέμα αυτό, όπου στο άρθρο 27 της Σύμβασης της Χάγης του 1899 προβλέπεται επισήμως η ασυλία των πολιτιστικών μνημείων κατά τη διάρκεια πολεμικών συρράξεων⁵¹. Το 1931 στο τέταρτο Διεθνές Αρχιτεκτονικό Συνέδριο, συμφωνήθηκαν τα επτά σημεία της Χάρτας των Αθηνών με τα οποία αρχίζουν και τίθενται συγκεκριμένες αρχές και κατευθυντήριες γραμμές για την προστασία των αρχιτεκτονικών μνημείων, τα οποία είχαν έντονα πληγεί κατά τον Μεγάλο Πόλεμο του 1914-18⁵², ενώ συμφωνείται για πρώτη φορά πως η καταλληλότερη μέθοδος αποκατάστασης και συντήρησης περιλαμβάνει την ελάχιστη δυνατή επέμβαση στα κατάλοιπα των μνημείων⁵³.



Εικόνα 4.: Αντιπρόσωποι στο συνέδριο του 1899 στη Χάγη

⁴⁹ Μαλλούχου Tufano 2016, 12

⁵⁰ Ήδη από τις αρχές του 19^{ου} αιώνα αρχίζει και αναπτύσσεται το θέμα της προστασίας των μνημείων ως έννοια. Βλ. Edward A. Freeman, *The Preservation and Restoration of Ancient Monuments* (Oxford, 1852), John Edward Toews, *Becoming Historical: Cultural Reformation and Public Memory in Early Nineteenth-Century Berlin*, (Cambridge, 2004), 41–2, 139, 198 και Peter Munz, *The Shapes of Time* (Wesleyan, 1977), 154.

⁵¹ <https://en.unesco.org/courier/2017-october-december/historic-resolution-protect-cultural-heritage>

⁵² <https://www.icomos.org/en/charters-and-texts/179-articles-en-francais/ressources/charters-and-standards/167-the-athens-charter-for-the-restoration-of-historic-monuments>

⁵³ Marinou Ioannides et al.(eds) 2017, 4

Μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο πόλεμο, τα βασικότερα κείμενα διεθνούς νομοθεσίας που αναφέρονται στην προστασία της Πολιτιστικής Κληρονομιάς είναι τα εξής:

α) Η Σύμβαση για την προστασία των πολιτιστικών αγαθών σε περίπτωση ένοπλης σύρραξης (Χάγη, 1954) της UNESCO και κυρίως το Β' Πρωτόκολλο της Σύμβασης (1999)

β) Η Σύμβαση περί «των μέσων απαγόρευσης και παρεμπόδισης της παράνομης εισαγωγής, εξαγωγής και μεταβίβασης ιδιοκτησίας πολιτιστικής περιουσίας» της UNESCO (1970)

γ) Η Σύμβαση για την Προστασία της Παγκόσμιας Πολιτιστικής και Φυσικής Κληρονομιάς της UNESCO (1972)

δ) Η Ευρωπαϊκή Σύμβαση για την Προστασία της Αρχιτεκτονικής Κληρονομιάς (Γρανάδα, 1985), του Συμβουλίου της Ευρώπης

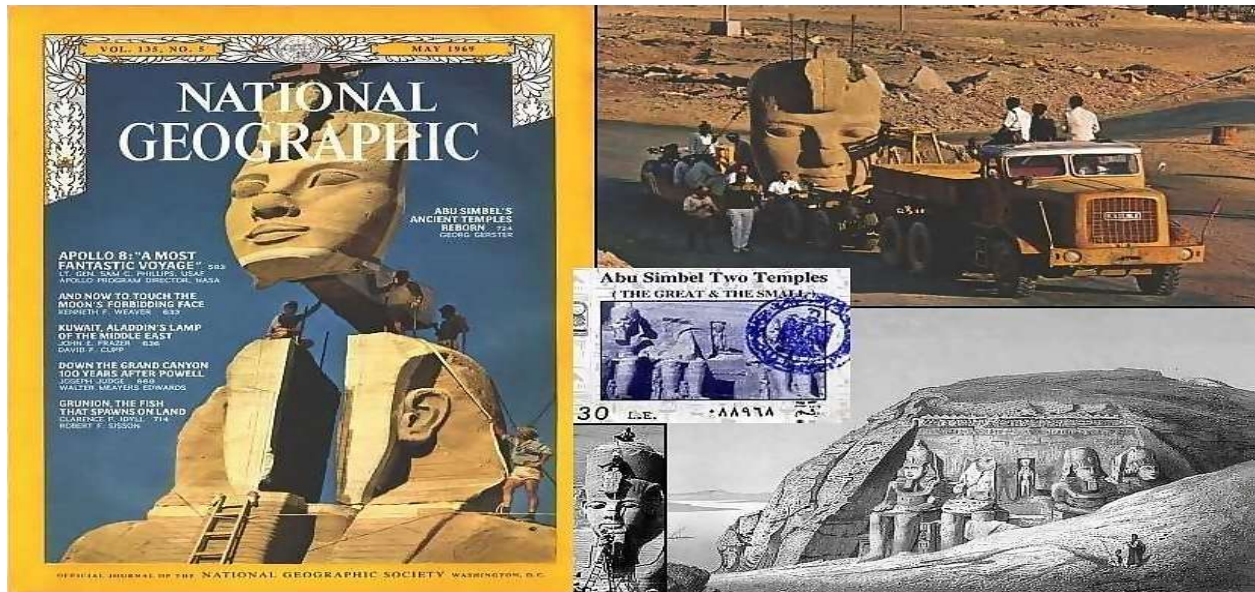
ε) Η Ευρωπαϊκή Σύμβαση για την Προστασία της Αρχαιολογικής Κληρονομιάς (Αναθεωρημένη Βαλέτα, 1992), του Συμβουλίου της Ευρώπης

ζ) Η Σύμβαση UNIDROIT για τα Κλεμμένα ή Παρανόμως Εξαχθέντα Πολιτιστικά Αγαθά (Ρώμη, 1995) της UNESCO

η) Η Κοινοτική Οδηγία 93/7/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 15ης Μαρτίου 1993 σχετικά με την επιστροφή πολιτιστικών αγαθών που έχουν παράνομα απομακρυνθεί από το έδαφος κράτους μέλους.

θ) Η Σύμβαση για τη Προστασία της Άυλης Πολιτιστικής Κληρονομιάς της UNESCO (2003)

Σημαντική ώθηση στο θέμα δόθηκε από τον κίνδυνο καταστροφής των μνημείων στην κοιλάδα του Ασουάν από τη δημιουργία του ομώνυμου φράγματος και τη διεθνή δημοσιότητα που έλαβε στις αρχές της δεκαετίας του 1960 η επονομαζόμενη «Νουβική εκστρατεία» για τη διάσωση των πολλών και σπουδαίων αρχαιοτήτων της περιοχής⁵⁴.



Εικόνα 5. Το άγαλμα του Ραμσή Β' στο εξώφυλλο του τεύχους Μαΐου 1969 του *National Geographic* και εικόνα από τη διαδικασία μεταφοράς του⁵⁵.

Η υπογραφή της Σύμβασης για την Προστασία της Παγκόσμιας Πολιτιστικής και Φυσικής Κληρονομιάς της UNESCO⁵⁶, που αναφέρθηκε παραπάνω, οφείλεται σε αυτή ακριβώς την εκστρατεία και αποτέλεσε ορόσημο για τη διατήρηση της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς, δίνοντας ορισμούς⁵⁷ για το τι αποτελεί ανθρώπινο και φυσικό «μνημείο», δημιουργώντας ένα δίκτυο διεθνούς προστασίας, καθώς και ένα ανανεώσιμο - με κριτήρια που διαρκώς αλλάζουν - Κατάλογο

⁵⁴ <https://whc.unesco.org/en/activities/172>

⁵⁵ <http://www.searlecana.org/misc/abusimbeldata3.html>

⁵⁶ <https://whc.unesco.org/en/conventiontext/>

⁵⁷ Σύμφωνα με το άρθρο 1. « Διά τους σκοπούς της παρούσης Συμβάσεως, θεωρούνται ως Πολιτιστική Κληρονομιά: Μνημεία: αρχιτεκτονικά έργα, σημαντικά έργα γλυπτικής και ζωγραφικής, έργα ή κατασκευές αρχαιολογικού χαρακτήρος, επιγραφαί, σπήλαια και σύνολα έργωνπαγκοσμίου αξίας από της απόψεως της ιστορίας, της τέχνης ή της επιστήμης.

Σύνολα Οικοδομημάτων : ομάδες κτιρίων, μεμονωμένων ή ενοτήτων (οικισμών), τα οποία λόγω της αρχιτεκτονικής των, της ομοιογένειας των ή της θέσεως των έχουν παγκόσμιο αξίαν από της απόψεως της ιστορίας της τέχνης και της επιστήμης.

Τοπία : έργα του ανθρώπου ή συνδυασμός έργων του ανθρώπου και της φύσεως, καθώς και εκτάσεις περιλαμβανομένων και των αρχαιολογικών χώρων, αι οποίαι έχουνπαγκόσμιο αξίαν από απόψεως ιστορικής, αισθητικής, εθνολογικής και ανθρωπολογικής».

Παγκόσμιας Κληρονομιάς⁵⁸. Ως κίνδυνοι δεν νοούνται μόνο οι παράνομες ενέργειες, όπως η κλοπή και η λαθρανασκαφή, αλλά και η φθορά που μπορεί να προκαλέσει ο άνθρωπος ή ο χρόνος σε αυτά, καθώς στη διάρκεια της ζωής ενός κτίσματος, από την αρχή της διαδικασίας δόμησής του έως ότου φτάσει στη σημερινή εποχή, υφίσταται τη φθορά των υλικών κατασκευής του από τη χρήση, αλλά και τις καιρικές συνθήκες, κυρίως, την υγρασία, τις εναλλαγές της θερμοκρασίας, τους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς, την μόλυνση του περιβάλλοντος και γενικότερα την φθορά του χρόνου.

Τις τελευταίες δεκαετίες παγιώθηκε η αντίληψη πως ο πολιτισμός απαιτεί πλέον νέες τεχνικές και διαδικασίες διαχείρισης, και ότι αυτό δεν μπορεί παρά να είναι έργο ειδικών. Στην πραγματικότητα, η ουσία της πολιτιστικής διαχείρισης, χρησιμοποιώντας τον γενικότερο ίσως όρο, είναι η εξερεύνηση των ορίων μεταξύ των διαχειριστικών, οικονομικών και αισθητικών/καλλιτεχνικών στόχων με τους οποίους έρχονται αντιμέτωποι οι πολιτιστικοί οργανισμοί κάθε είδους και οι διαχειριστές τους στον σύγχρονο κόσμο.

2.3 Ο καθορισμός της έννοιας του «Μνημείου»

Η Σύμβαση για την Προστασία της Αρχιτεκτονικής Κληρονομιάς στην Ευρώπη, που υπογράφηκε στη Γρανάδα⁵⁹ της Ισπανίας το 1985⁶⁰, δίνει στο άρθρο 1 έναν ενδιαφέροντα ορισμό του τι αποτελεί μνημείο υπό αρχιτεκτονική σκοπιά, ορίζοντάς το ως «κάθε κατασκευή ιδιαίτερα σημαντική λόγω του ιστορικού, αρχαιολογικού, καλλιτεχνικού, επιστημονικού, κοινωνικού ή τεχνικού της ενδιαφέροντος, συμπεριλαμβανομένων των εγκαταστάσεων ή διακοσμητικών στοιχείων, που αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα της». Με αυτό τον τρόπο στην ουσία συμπληρώνει τον ορισμό που είχε δοθεί για το ιστορικό μνημείο της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς στο δεύτερο διεθνές συνέδριο των αρχιτεκτόνων και τεχνικών μνημείων (Χάρτα της Βενετίας, 1964), όπου αναφέρεται πως ως αρχιτεκτονικό μνημείο μπορεί να θεωρηθεί ένας οικισμός ή και μία ολόκληρη πόλη και να καθοριστεί αποφασιστικά η φυσιογνωμία της από το μνημειακό της χαρακτήρα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα η ίδια η πόλη της Βενετίας, που έχει χαρακτηριστεί στο σύνολό της αρχιτεκτονικό μνημείο. Σημειωτέα είναι η διάκριση ανάμεσα στο μνημείο και το αρχαίο, που οδηγεί στο διαχωρισμό της Μνημειολογίας από την Αρχαιολογία⁶¹.

⁵⁸ Η κύρωση της Σύμβασης στην Ελλάδα έγινε με το νόμο 1127/1981

⁵⁹ Το κείμενο της σύμβασης ολόκληρο: <https://www.coe.int/en/web/conventions/full-list/-/conventions/treaty/121>

⁶⁰ Στην Ελλάδα κυρώθηκε με το νόμο 2039/1992.

⁶¹ Ι.Ν. Στεφάνου, "Η έννοια του μνημείου και η ιδεολογία προστασίας του", Πρακτικά 6ου Συνεδρίου Αθηνών Αρχαιολογικής Εταιρείας, Αθήνα 9-13.5.1984

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και άλλη μία σύλληψη της έννοιας του μνημείου⁶² με βάση την οποία τέσσερις είναι οι κυριότερες ιδιότητες που θα πρέπει να διαθέτει ένα έργο για να χαρακτηριστεί μνημείο. Πρωτοτυπία ή Γνησιότητα Κάθε μνημείο είναι προϊόν της ανθρώπινης δραστηριότητας σε μια δεδομένη ιστορική στιγμή. Στη δημιουργία του συντέτιναν πολλοί παράγοντες ο οποίοι έχουν συντεθεί μεταξύ τους με έναν τρόπο μοναδικό και ανεπανάληπτο. Σ' αυτήν ακριβώς την μοναδικότητα στηρίζεται η πρωτοτυπία ή η γνησιότητα του κάθε μνημείου, που το καθιστά ανεπανάληπτο έστω και αν αντιγραφεί πιστά σε μια άλλη χρονική στιγμή.

- Χρόνος ή ιστορικότητα. Από τη σύλληψη της μορφής ενός μνημείου από τον αρχικό δημιουργό του και την έναρξη της υλοποίησής του σε μια ορισμένη χρονική στιγμή έως ότου να αναγνωριστεί ως μνημείο, υφίσταται φυσικές αλλοιώσεις, όσο και τροποποιήσεις από τον άνθρωπο. Όλες αυτές οι αλλαγές που σημαδεύουν το μνημείο και οφείλονται στο έργο του ανθρώπου και στη δράση του χρόνου αποτελούν την ιστορικότητά του.
- Ποιότητα. Η ιδιότητα αυτή είναι συνάρτηση διαφόρων παραγόντων(καλλιτεχνικών, κατασκευαστικών, πολιτιστικών, κλπ.Πανάγιος) καθώς και της ιδεολογίας που επικρατεί σε κάθε εποχή και έχει χαρακτήρα υποκειμενικό και αστάθμητο, επειδή συνδέεται με αξιολογικά συστήματα διαφόρων εποχών δεν παύει όμως να είναι μια ιδιότητα σημαντική, αφού δημιουργεί κάθε φορά προβληματισμό για τα μνημεία.
- Ιδέα ή συμβολισμός. Η ιδιότητα αυτή σχετίζεται με το πνευματικό περιεχόμενο κάθε μνημείου, το οποίο είναι φορέας ενός μηνύματος από το παρελθόν, μιας ιδέας που περιέχεται σε αυτό και εκφράζεται με τη συγκεκριμένη μορφή του. Αν ένα αρχιτεκτονικό έργο έχει μόνο τις δύο πρώτες ιδιότητες μπορεί να είναι ιστορικό ντοκουμέντο, όχι όμως μνημείο με την ευρύτερη πολιτιστική έννοια. Αν έχει μόνο τις δύο τελευταίες, είναι υποκατάστατο μνημείου. Μόνο και οι τέσσερις ιδιότητες μαζί χαρακτηρίζουν ένα έργο ως ολοκληρωμένο μνημείο.

Η δε έννοια της προστασίας των μνημείων αποτελείται από παρεμβάσεις διαφόρων ειδών και διαφορετικής χρησιμότητας ανάλογα κυρίως με την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το κάθε μνημείο, οι ορισμοί των οποίων καθορίστηκαν στις ως άνω αναφερθείσες συμβάσεις:

⁶² Καραδέδος 1998

Στις διάφορες συμβάσεις οι οποίες κατά καιρούς πραγματοποιήθηκαν διατυπώθηκαν για πρώτη φορά ορισμοί οι οποίοι αφορούν τις διάφορες παρεμβάσεις που πραγματοποιούνται πάνω στα μνημεία και οι οποίες είναι⁶³:

- **Αποκατάσταση:** Είναι μια επέμβαση υψηλής εξειδίκευσης, η οποία επιβάλλεται να γίνεται κατ' εξαίρεση. Έχει ως στόχο να διατηρήσει και να αποκαλύψει τις αισθητικές αξίες του μνημείου και βασίζεται στο σεβασμό προς την αρχική υπόσταση και τα αυθεντικά του στοιχεία μη βασιζόμενη σε υποθέσεις, αλλά σε απτά επιχειρήματα και γεγονότα.
- **Ανακατασκευή:** Είναι η επαναφορά της αρχικής μορφής του μνημείου με όλες τις λεπτομέρειες και τα στοιχεία μιας δεδομένης χρονικής στιγμής στο παρελθόν. .
- **Αναστήλωση:** Είναι η επαναφορά ενός τμήματος ή ολόκληρου του μνημείου στην αρχική του μορφή με τη χρήση του αυθεντικού υλικού, το οποίο σώζεται και επανατοποθετείται.



Εικόνα 6. Αναστήλωση στο μνημείο του επιστολίου του κεντρικού μετακιονίου της ανατολικής πρόστασης των Προπυλαίων Φωτ. Αρχείο ΕΣΜΑ

- **Συντήρηση:** Είναι οι συνεχείς επιμέρους αποκαταστάσεις του μνημείου, οι οποίες δεν αλλοιώνουν την μορφή και την δομή του και οι οποίες αποβλέπουν στην άρση των αποτελεσμάτων της φυσικής φθοράς.
- **Εξυγίανση:** Αφορά τη λήψη όλων των αναγκαίων μέτρων με σκοπό την αποφυγή των βλαβερών επιδράσεων και ανάλογα με τις περιπτώσεις να προσφέρεται για μια άνετη και υγιεινή λειτουργική χρήση από τον άνθρωπο.

⁶³ Μαλλούχου Tufano 2016, 15

- *Αναβίωση*: Η επαναφορά του μνημείου σε μια νέα μορφή ζωής, εάν αυτή είχε διακοπεί ή την καλυτέρευση, εάν είχε υποστεί κάμψη και παρακμή.
- *Ανάδειξη*: Η προβολή του μνημείου και η οργανική ένταξη του στο χώρο.

2.4 Αναφορά και προδιαγραφές της αποτύπωσης μνημείων σε διεθνείς συμβάσεις

Παράλληλα, στις περισσότερες από τις Συμβάσεις που προαναφέρθηκαν σημειώνεται ρητά η ανάγκη της γεωμετρικής αποτύπωσης και τεκμηρίωσης των πολιτιστικών μνημείων με σκοπό την αποτελεσματικότερη και ευκολότερη μελέτη, προστασία και συντήρησή τους, ενώ χαρακτηριστικά *«Το πρώτο βήμα στη διαδικασία της αποκατάστασης ενός μνημείου είναι η ακριβής γεωμετρική τεκμηρίωσή του»*⁶⁴. Η συνολική, όμως, επιστημονική τεκμηρίωση ενός μνημείου ώστε να είναι ολοκληρωμένη περιλαμβάνει παράλληλα την αρχαιολογική, ιστορική, βιβλιογραφική, νομική, αρχιτεκτονική και άλλων ειδών έρευνα, καλύπτοντας ολόκληρη τη διάσταση του μνημείου από διάφορες πλευρές⁶⁵. Ως γεωμετρική τεκμηρίωση ενός μνημείου θεωρείται η διαδικασία συλλογής, επεξεργασίας, απόδοσης και καταχώρησης στοιχείων για τον προσδιορισμό τόσο της θέσης όσο και της πραγματικής μορφής, σχήματος και μέγεθους ενός μνημείου στο χώρο των τριών διαστάσεων σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Η γεωμετρική τεκμηρίωση καταγράφει το παρόν των μνημείων, όπως αυτό προέκυψε στην πορεία του χρόνου και είναι αναγκαίο υπόβαθρο τόσο στις μελέτες εκείνων που μελετούν το παρελθόν τους, όσο και στις μελέτες εκείνων που φροντίζουν για το μέλλον τους⁶⁶.

Ιδιαίτερη αναφορά σχετικά με το θέμα αυτό γίνεται και σε δύο άρθρα της χάρτας της Βενετίας, όπου στο μεν άρθρο 2 διακηρύσσεται πως *«η συντήρηση και η αποκατάσταση των μνημείων αποτελεί έναν επιστημονικό κλάδο, ο οποίος πρέπει να αποτείνεται στη συνεργασία όλων των επιστημών και όλων των τεχνών που μπορούν να συνεισφέρουν στη μελέτη και τη διάσωση της πολιτιστικής κληρονομιάς»*. Στο δε άρθρο 16 επισημαίνεται πως *«οι εργασίες συντήρησης, αποκατάστασης και ανασκαφής θα πρέπει να βασίζονται σε εξακριβωμένη τεκμηρίωση, δηλαδή σε αναλυτικές και κριτικές εκθέσεις, εικονογραφημένες με σχέδια και φωτογραφίες»*.

Επίσης, σύμφωνα με την έκθεση "Principles for the Recording of Monuments, Groups of Buildings and Sites" του ICOMOS κάθε υπεύθυνος εθνικός ή διεθνής οργανισμός, που έχει υπό την άμεση εποπτεία του μνημεία, αναλαμβάνει την καταγραφή τους ακριβώς όπως ορίζεται στο άρθρο 16 της Χάρτας της Βενετίας με τη συνεργασία επιστημόνων διάφορων ειδικοτήτων (άρθρο 2 Χάρτας της Βενετίας). Η ραγδαία ανάπτυξη στις μεθόδους και τους τρόπους καταγραφής αρχίζει και αποτυπώνεται επίσημα με την επισήμανση του άρθρου 5 στη Χάρτα της Κρακοβίας σχετικά με τη συντήρηση και αποκατάσταση αρχιτεκτονικών μνημείων (2000) πως, για την προστασία και

⁶⁴ <http://www.ysma.gr/γεωμετρική-τεκμηρίωση>

⁶⁵ Γεωργόπουλος 2013, Διαφάνεια 22

⁶⁶ Πατιάς 2009, 69 και Ioannides et al. 2017, 30, Vincent et al. 2015, 4, Γεωργόπουλος 2017 δ.4

παρουσίαση αρχαιολογικών θέσεων θα πρέπει να προωθείται η χρήση νέων τεχνολογιών, βάσεων δεδομένων, συστημάτων πληροφορικής και τεχνικών εικονικής παρουσίασης⁶⁷. Με αυτό τον τρόπο επισημοποιήθηκε και αναγνωρίστηκε ο ρόλος των εφαρμοσμένων νέων τεχνολογιών στον πολιτιστικό τομέα, θέτοντας νέα ζητήματα για προτάσεις και οδηγίες που θα θέσουν τη θεωρητική βάση και θα είναι διεθνώς αποδεκτές διασφαλίζοντας την ποιότητα του αποτελέσματος. Πάνω σε αυτό, το 2003 ακολούθησε η Χάρτα Διατήρησης Ψηφιακής Κληρονομιάς για να ακολουθήσει το 2008 η Χάρτα του ICOMOS (EnameCharter) που θέτει κάποιες πρώτες προδιαγραφές για την ποιότητα των ψηφιακών αναπαραστάσεων και αποτυπώσεων⁶⁸.

Όπως σε κάθε νέο επιστημονικό τομέα που βρίσκεται στα σπάργανα - βλέπε και το παράδειγμα της αρχαιολογίας όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο - η αξιοπιστία και η εκτίμηση του αποτελέσματος εξαρτάται αρχικά από το κύρος και την αυθεντία του ανθρώπου που το εκτελεί. Χρειάζεται σταδιακά να τεθούν επιστημονικά κριτήρια και προδιαγραφές ούτως ώστε επιστημονικές αξιολογήσεις από ανεξάρτητες πηγές να μπορούν να ελέγξουν και να επικυρώσουν το τελικό επιστημονικό αποτέλεσμα. Στην περίπτωση της ψηφιακής τεκμηρίωσης και αναπαράστασης το κενό αυτό καλύπτεται από την Χάρτα του Λονδίνου (2006)⁶⁹ και τις Αρχές της Σεβίλλης⁷⁰, που δίνουν έμφαση στο πεδίο της αρχαιολογικής αναπαράστασης. Τα δύο αυτά κείμενα - που δρουν συμπληρωματικά - φιλοδοξούν να αποτελέσουν την επιστημονική βάση πάνω στην οποία θα στηριχθεί μία ολοκληρωμένη και επίσημη νέα Χάρτα για την Ψηφιακή Κληρονομιά στα πλαίσια και υπό την αιγίδα του ICOMOS.

2.5 Μη Κυβερνητικοί Οργανισμοί για την προστασία της Διεθνούς Πολιτιστικής Κληρονομιάς

Με το θέμα της διαχείρισης και καταγραφής της Πολιτιστικής Κληρονομιάς έχουν επιφορτιστεί διακρατικοί οργανισμοί με προεξάρχοντες τον ΟΗΕ, την Ευρωπαϊκή Ένωση και την UNESCO, στο πλαίσιο της οποίας έχουν δημιουργηθεί και λειτουργούν δύο εξαιρετικής σημασίας μη κυβερνητικοί οργανισμοί, το ICOMOS και το ICOM. Ο ρόλος τους είναι συμβουλευτικός κατά τη διάρκεια συνεδριάσεων των διακυβερνητικών επιτροπών που συνεδριάζουν μέσα στους κόλπους της UNESCO, καθώς και η ίδια αποτελεί οργανισμό του ΟΗΕ, που προωθεί τις ιδέες της ειρήνης και της

⁶⁷ Ioannides et al.(eds) 2017, 11

⁶⁸ Ioannides et al.(eds) 2017, 11

⁶⁹ <http://www.londoncharter.org/>

⁷⁰ Ioannides et al.(eds) 2017, 18

διεθνούς συνεργασίας μέσω της εκπαίδευσης, της επιστήμης και του πολιτισμού. Η δράση της είναι παγκοσμίως γνωστή και καθοριστική στο κομμάτι της διατήρησης και προστασίας των παγκόσμιων Πολιτιστικών Αγαθών.

Το ICOMOS⁷¹ (International Council on Monuments and Sites) ιδρύθηκε με έδρα το Παρίσι το 1965 ως συνέπεια των ψηφισμάτων της Χάρτας της Βενετίας και έχοντας ως σκοπό την διευκόλυνση των επαφών ανάμεσα σε ειδικούς επιστήμονες, τη συλλογή και αξιολόγηση πληροφοριών, την οργάνωση εκπαιδευτικών προγραμμάτων και την σύναψη και εφαρμογή Διεθνών Συμβάσεων για τη συντήρηση και ανάδειξη της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς. Δραστηριοποιείται σε 144 χώρες⁷², έχοντας 10.000 μέλη, ενώ παράλληλα λειτουργεί και το ελληνικό παράρτημά του⁷³. Αποτελεί ένα από τα τρία επίσημα συμβουλευτικά όργανα της επιτροπής που διαμορφώνει τον Κατάλογο Παγκόσμιας Κληρονομιάς και διατηρεί τον βασικότατο ρόλο της αξιολόγησης των υποψηφιοτήτων ένταξης με βάση τα κριτήρια που καθορίστηκαν στη Σύμβαση του 1972. Λόγω του διεπιστημονικού χαρακτήρα του έργου του, στο ICOMOS δραστηριοποιούνται επιστήμονες διαφόρων ειδικοτήτων, που παράγουν συγκριτικές αναλύσεις σχετικά με τις εκάστοτε υποψηφιότητες μνημείων προς ένταξη στον κατάλογο παγκόσμιας κληρονομιάς. Σημαντικός είναι ο ρόλος του οργανισμού και όσον αφορά στη διαμόρφωση και επικαιροποίηση του ιδεολογικού και νομικού πλαισίου προστασίας μνημείων και χώρων.

Το ICOM (International Council of Museums) ιδρύθηκε το Νοέμβριο του 1946 (το ελληνικό τμήμα ιδρύθηκε το 1983) από ανεξάρτητους επαγγελματίες του τομέα του πολιτισμού και στεγάστηκε στο κτίριο της UNESCO στο Παρίσι εγκαινιάζοντας μία συνεργασία που διαρκεί έως σήμερα. Έθεσε τις βάσεις για τον εκπαιδευτικό χαρακτήρα και τις προτεραιότητες των μουσείων στην εποχή μας, ενώ αντικείμενό του αποτελεί και η προστασία, καταγραφή και αποτύπωση της πολιτιστικής κληρονομιάς συνεργαζόμενο με άλλους τέσσερις μη κυβερνητικούς οργανισμούς στη Διεθνή Επιτροπή της Μπλε Ασπίδας με σκοπό την προστασία της παγκόσμιας κληρονομιάς σε μέρη που έχουν υποστεί φυσικές καταστροφές ή αποτελούν εδάφη πολεμικών συρράξεων. Επίσης, δημοσιεύει την κόκκινη λίστα κλεμμένων αντικειμένων ενώ είναι υπεύθυνο για την έκδοση του κώδικα δεοντολογίας των μουσείων⁷⁴.

⁷¹ <https://www.icomos.org/en/>

⁷² https://en.wikipedia.org/wiki/International_Council_on_Monuments_and_Sites

⁷³ <https://www.icomoshellenic.gr/>

⁷⁴ <http://network.icom.museum/icom-greece/plirofories/to-elliniko-tmima/>

Η CIPA⁷⁵ (*Comité international de photogrammétrie architecturale*) είναι μία από τις παλαιότερες διεθνείς επιστημονικές επιτροπές του ICOMOS, που είναι συνολικά 28 στον αριθμό. Ιδρύθηκε το 1968 σε συνεργασία με την ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing) με σκοπό να διευκολύνει την επικοινωνία και την ανταλλαγή τεχνογνωσίας ανάμεσα στις θετικές και ανθρωπιστικές/ κοινωνικές επιστήμες προκειμένου να οδηγήσει στην καλύτερη και αποτελεσματικότερη καταγραφή και συντήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Παράλληλα, ενθαρρύνει την ανάπτυξη νέων επιστημονικών κατευθυντηρίων και πρακτικών για την διαχείριση της καταγραφής, τεκμηρίωσης και επικοινωνίας στο κοινό των πολιτιστικών αυτών αγαθών.

⁷⁵ <http://cipa.icomos.org/about/whatiscipa/>

**3. ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ
ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ
ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ
ΝΕΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΗΣ**

3.1 Μία πρώτη αναδρομή

Τις τελευταίες δεκαετίες η χρήση των υπολογιστών και των λειτουργικών συστημάτων με τις διάφορες εφαρμογές στην καθημερινότητα του ανθρώπου έχει υπάρξει καταλυτική, διαμορφώνοντας εκ νέου την καθημερινότητά μας με τρόπους που για πολλούς φαντάζουν να είναι βγαλμένοι από τα πλέον πρωτοπόρα βιβλία επιστημονικής φαντασίας⁷⁶. Έχοντας ήδη εντοπίσει και επισημάνει την έντονη επικοινωνία της αρχαιολογίας με τις εκάστοτε τεχνολογικές εξελίξεις δεν προκαλεί έκπληξη το γεγονός της επαφής των δύο αυτών επιστημονικών πεδίων. Η ραγδαία μάλιστα εξέλιξη των νέων τεχνολογιών με τις νέες εφαρμογές στον τομέα της αρχαιολογίας έχει οδηγήσει κάποιους να αρχίσουν να μιλούν για την ανάδυση μίας νέας επιστήμης (Archaeological Information Science) με σκοπό τη δημιουργία, την απεικόνιση και τη διαχείριση της αρχαιολογικής πληροφορίας μέσα στο πλαίσιο των συστημάτων πληροφορικής⁷⁷.

Η εξέλιξη στην ιστορία των υπολογιστών ξεκινάει με τον ENIAC το 1948. Το 1967 έχουμε το πρώτο άρθρο, που αναφέρεται στη χρήση υπολογιστών στην αρχαιολογία⁷⁸, έχοντας μάλιστα το χαρακτηριστικό τίτλο «Computer applications in archaeology»⁷⁹. Σε αυτό αναφέρεται πως οι κυριότερες χρήσεις των υπολογιστών στην αρχαιολογία έχουν να κάνουν με την αποθήκευση δεδομένων και τη στατιστική ανάλυση, αναφέροντας επιγραμματικά στο τέλος την πιθανή αξιοποίησή τους στο χώρο της αποκρυπτογράφησης αρχαίων γραφών και της ανάλυσης αρχαιοαστρονομικών δεδομένων με αναφορά στο παράδειγμα του Stonehenge⁸⁰. Σε όλο το άρθρο είναι εμφανής μία επιφυλακτικότητα, καθώς θεωρεί τους υπολογιστές μία «νεωτερικότητα» που «ίσως είναι μόδα»⁸¹. Είναι, όμως, παράλληλα η εποχή που, όπως αναφέρθηκε, αναδύεται το κίνημα της Νέας Αρχαιολογίας με τις νέες απόψεις για το θεωρητικό πλαίσιο και την ερμηνευτική μετεξέλιξη της αρχαιολογίας όπου τα νέα τεχνολογικά εργαλεία έρχονται στο προσκήνιο ως φορείς και πρωταγωνιστές των νέων εξελίξεων ενισχύοντας την επιστημονικότητα όλων των ανθρωπολογικών επιστημών. Εισάγεται η έννοια και χρήση των ποιοτικών και ποσοτικών αναλύσεων των αρχαιολογικών δεδομένων με τη δημιουργία βάσεων δεδομένων και παράλληλα

⁷⁶ Βλ. πάνω σε αυτό την χρήση που θα έχουν οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές στο κοντινό μέλλον

⁷⁷ Llobera 2011, 218

⁷⁸ Για αναλυτική καταγραφή της εξέλιξης της σχέσης αρχαιολογίας και υπολογιστών βλ. Wilcock 1999 και Djindjian 2009.

⁷⁹ Cowgill 1967. Η δε πρώτη μονογραφία σχετικά με τη χρήση των υπολογιστών στο χώρο της αρχαιολογίας εκδόθηκε το 1975 (J., Doran & F.R. Hodson, 1975, *Mathematics and Computers in Archaeology*. Edinburg: Edinburg University Press)

⁸⁰ Cowgill 1967, 335

⁸¹ Cowgill 1967, 331

καθιερώνονται οι αρχαιομετρικές αναλύσεις. Τα νέα μηχανήματα μπορούν να οδηγήσουν σε καθαρά, αντικειμενικά επιστημονικά δεδομένα μακριά από τις προκαταλήψεις και τις παθογόνες υποκειμενικότητες του παρελθόντος. Η εμπιστοσύνη στην τεχνολογία φτάνει στο απόγειό της με την κατάκτηση του διαστήματος και κάθε επιστήμη που σέβεται τον εαυτό της πρέπει να προσπαθήσει να την εντάξει στο οπλοστάσιό της. Την εποχή που γράφει το άρθρο του ο G.Cowgill, περίπου 20 μεγάλα επιστημονικά εγχειρήματα παγκοσμίως συνδύαζαν την αρχαιολογία με τη χρήση υπολογιστικών μηχανών⁸², ενώ η αναζήτηση καλύτερων τρόπων μετάδοσης της επιστημονικής πληροφορίας απασχολούσε έντονα τη παγκόσμια κοινότητα ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του 1940 με τη διεξαγωγή συνεδρίων πάνω ακριβώς στο θέμα αυτό⁸³.

Η πρώτη προσπάθεια εφαρμογής υπολογιστών στην ανάλυση αρχαιολογικών δεδομένων είχε ξεκινήσει νωρίτερα από το Γάλλο αρχαιολόγο J.C.Gardin⁸⁴, ο οποίος και υπήρξε πρωτοπόρος στην δημιουργία κέντρων και εργαστηρίων για την περαιτέρω εξάπλωση των υπολογιστικών συστημάτων στον τομέα της αρχαιολογίας. Από τον ίδιο αναφέρονται και οι πρωτοποριακές προσπάθειες της Ρωσικής Ακαδημίας Αρχαιολογικής Επιστήμης για την προσαρμογή των εφαρμοσμένων επιστημών στην Αρχαιολογία⁸⁵.

Με την οικονομική συνδρομή της IBM κατά τη δεκαετία του 1970 άρχισαν να οργανώνονται και τα πρώτα συνέδρια πάνω στο θέμα με σημαντικότερο το ετήσιο «Computer Applications in Archaeology» που ξεκίνησε αδιαλείπτως από το 1973 έως και σήμερα. Παρά την πορεία, όμως, δεκαετιών, η εφαρμογή των νέων τεχνολογιών στην αρχαιολογία παραμένει ως εντύπωση κάτι το πρωτοποριακό. Τούτο οφείλεται και στην εμφάνιση νέων όρων όπως Ψηφιακή Αρχαιολογία⁸⁶, που αντικαθιστούν την προηγούμενη ορολογία πάνω στο θέμα και αντικατοπτρίζουν σωστότερα ίσως το παρόν του αντικειμένου που μάλλον βρίσκεται σε μεταβατικό στάδιο την τελευταία δεκαετία.

3.2 Κρίση ταυτότητας (;)

Στα πρακτικά του συνεδρίου του CAA του 2012 βρίσκεται δημοσιευμένο το άρθρο του J. Huggett «Disciplinary issues: challenging there search and practice of computer applications in archaeology». Στην ουσία το άρθρο αυτό συνοψίζει και επισημαίνει τους προβληματισμούς που

⁸² Cowgill 1967, 331

⁸³ Moscati 2016, 11

⁸⁴ Moscati 2016, 10

⁸⁵ Moscati 2016, 11

⁸⁶ Άλλοι όροι που χρησιμοποιούνται είναι Digital Humanities και Computational Archaeology

έχουν αρχίσει και εμφανίζονται στο νέο αυτό επιστημονικό πεδίο, το οποίο ίσως περνάει κάποιου είδους κρίση ταυτότητας (Anxiety Discourse). Η αλλαγή στην ορολογία κρύβει μία μετάβαση σε θεσμικό και επιστημονικό πεδίο θέτοντας υπό κρίση την ταυτότητα, τη φύση και την ακαδημαϊκότητα του πεδίου εκφράζοντας ανησυχίες σχετικά με τη θεωρητική βάση, τη μεθοδολογία και κατά συνέπεια την αξία, χρησιμότητα και συμβολή των επιστημονικών προϊόντων⁸⁷. Στην ουσία, όπως κάθε επιστημονικό πεδίο φτάνοντας στην ωριμότητά του, χρειάζεται να διαμορφώσει το θεωρητικό πυρήνα του και να αναδιοργανώσει τους σκοπούς και τις επιστημονικές αναζητήσεις του ίσως βρίσκοντας πρότυπα σε εξωτερικές πηγές, όπως στην περίπτωση της καθαυτής αρχαιολογίας.

Στην προσπάθειά του να δέσει με επιχειρήματα τη θέση του, ο J. Huggett κάνει μία καταγραφή των δεδομένων γύρω από την Ψηφιακή Αρχαιολογία. Παρά το γεγονός πως συνέδρια, όπως το CAA, έχουν εκατοντάδες συμμετέχοντες από διάφορες χώρες, η πραγματικότητα φαίνεται να μην είναι τόσο θετική. Το μοναδικό διεθνές επιστημονικό περιοδικό πάνω στο αντικείμενο είναι το Ιταλικό «Archeologiae Calcolatori», το οποίο εκδίδεται από το 1990. Η βιβλιογραφία πάνω στο αντικείμενο είναι σχετικά μικρή, ενώ και οι παραπομπές της επιστημονικής κοινότητας πάνω σε άρθρα του αντικειμένου παραμένουν περιορισμένες, δείχνοντας ίσως τον μικρό αντίκτυπο που ακόμη έχει. Οι πρωτοπόροι της Ψηφιακής Αρχαιολογίας δεν αποτελούν και πρωτοπόρους της Αρχαιολογίας εν γένει, διατηρώντας τον τεχνικό χαρακτήρα της χωρίς να ανοίγουν νέους δρόμους στην έρευνα και την επιστημονική σκέψη.

Την ανάλυση αυτή ενισχύει και ο M. Llobera, καθώς διατυπώνει ενστάσεις όσον αφορά στην ουσιαστική συμβολή της⁸⁸. Σύμφωνα με αυτόν, παρόλο που πλέον καταγράφουμε στο αρχαιολογικό πεδίο τα δεδομένα με πολύ πιο γρήγορο τρόπο, υστερούμε στην παραγωγή νέων δεδομένων με την εφαρμογή των νέων τεχνολογιών καταγραφής επισημαίνοντας πως ο θεωρητικός τρόπος ανάλυσής τους παραμένει ο ίδιος. Η ουσία της κριτικής του είναι πως παρόλο που όλα αυτά τα νέα μέσα δημιουργούν μοναδικές προϋποθέσεις για μία πραγματική επανάσταση στο πεδίο της αρχαιολογίας με θεωρητικές προεκτάσεις που πρέπει να αναλυθούν, επικαιροποιηθούν και επεκταθούν στο χώρο, η πραγματικότητα της εφαρμογής τους πόρρω απέχει από αυτό. Οι παραδοσιακοί αρχαιολόγοι δεν εμπλέκονται πραγματικά με το αντικείμενο θεωρώντας πως, δεν άπτεται πραγματικά του αντικειμένου τους, αλλά πως πρόκειται για καθαρά τεχνικό κομμάτι, με αποτέλεσμα να ασχολούνται

⁸⁷ Huggett 2012, 15

⁸⁸ Llobera 2011, 217

με αυτό διαδικαστικά και όχι επενεργώντας πάνω σε αυτό. Όπως, Όμως, έλεγε και ο G.Cowgill⁸⁹ «ποιος ξέρει να κάνει καλύτερα τα μαθηματικά μας από εμάς τους ίδιους».

Ο μόνος τρόπος ώστε ο συσχετισμός του κόσμου των υπολογιστών με αυτόν της αρχαιολογίας να οδηγήσει σε πραγματικά νέους δρόμους την έρευνα είναι να τεθούν μεγάλες επιστημονικές προκλήσεις (ο J. Huggett τις ονομάζει *Grand Challenges*), στις οποίες θα ανταποκριθεί το νέο πεδίο, παγιώνοντας τον χαρακτήρα και την αξία του. Παραλληλισμοί θα μπορούσαν να γίνουν με το αποτέλεσμα της αποκρυπτογράφησης του ανθρώπινου γονιδιώματος, το οποίο ξεκινώντας ως περιφερειακό επιστημονικό εγχείρημα, κατάφερε να δώσει απαντήσεις και να δημιουργήσει με τη σειρά του νέα επιστημονικά αντικείμενα.

3.3 Πεδία εφαρμογής υπολογιστικών συστημάτων

3.3.1 Η μετάβαση σε ένα ψηφιακό μοντέλο ανασκαφής

Με την πάροδο του χρόνου η συμμετοχή των νέων τεχνολογιών στην καθημερινότητα, την εξέλιξη και την άσκηση της αρχαιολογικής επιστήμης κατέστη από προαιρετική - και σε κάποιες περιπτώσεις στο παρελθόν, μέσο εντυπωσιασμού - σε απαραίτητη. Οι ενέργειες που προηγούνται μίας ανασκαφής - βιβλιογραφική αναζήτηση ή εξεύρεση χαρτών λ.χ. -, η ίδια η ανασκαφική διαδικασία και η μετέπειτα καταγραφή των ευρημάτων, η μελέτη και δημοσίευση τους, η συντήρηση, αποκατάσταση ή αναστήλωσή τους, η συνολική οργάνωση και αξιοποίηση αρχαιολογικών χώρων και μουσείων με την παρουσίαση των εκθεμάτων τους ή, ακόμη, και η εκπαίδευση των αυριανών αρχαιολόγων, όλα αυτά αποτελούν διαδικασίες στις οποίες η απουσία της εφαρμογής διαφόρων νέων τεχνολογιών φαντάζει αδιανόητη.

Αυτή καθεαυτή η ανασκαφική διαδικασία παράγει πληθώρα ευρημάτων διαφόρων τύπων και διαφορετικής φύσης μεταξύ τους, ενώ παράλληλα μεγάλος όγκων δεδομένων από διάφορες πηγές όπως και τεχνικές μετρήσεις και σχεδιαστικές αποτυπώσεις αποτελούν τη βάση και το μέσο με το οποίο οι αρχαιολόγοι προσπαθούν να ανασυνθέσουν το παρελθόν και να στοιχειοθετήσουν τα ερμηνευτικά μοντέλα τους. Το αναλογικό παρελθόν της επιστήμης είχε στηριχθεί σε συγκεκριμένες μεθόδους καταγραφής και τεκμηρίωσης όπως τα ανασκαφικά ημερολόγια και φωτογραφίες, καθώς και αναλογικά σχέδια δύο διαστάσεων. Οι υποθέσεις και οι ερμηνείες που δίδονται βασίζονται, κυρίως, σε συσχετισμούς ανάμεσα στα ευρήματα αυτά, κατηγοριοποιώντας τα με βάση διάφορες

⁸⁹ Cowgill 1967, 332

παραμέτρους. Οι παραδοσιακοί τρόποι αποθήκευσης και καταγραφής καθιστούσαν δύσκολη την πρόσβαση σε αυτά και την οποιαδήποτε εργασία πάνω σε αυτά χρονοβόρα, ενώ ο τρισδιάστατος χαρακτήρας των ευρημάτων φυσικά δεν γινόταν να αποτυπωθεί σε δισδιάστατες φωτογραφίες και σχέδια με το ίδιο να ισχύει και για την ίδια την εκάστοτε αρχαιολογική θέση.

Παρόλο που η ενσωμάτωση της ψηφιακής τεχνολογίας στο αρχαιολογικό πρωτόκολλο προχωρά με σταθερό και αμείωτο ρυθμό, ο ρόλος της στο σημείο αυτό δεν είναι ακόμη τόσο καθοριστικός στην ερμηνευτική διαδικασία έχοντας κατά το πλείστο διαχειριστικό χαρακτήρα είτε - εξαιρετικά σημαντική είναι η αλήθεια - συμβολή στην τεκμηρίωση των ευρημάτων ανάλογα φυσικά και με τη φύση της κάθε τεχνολογίας.

3.3.2 Βάσεις δεδομένων

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η επαφή της αρχαιολογίας με τους υπολογιστές ξεκίνησε μέσα από την ανάλυση στατιστικών δεδομένων με τη δημιουργία βάσεων δεδομένων τις πρώτες δεκαετίες μετά τον πόλεμο. Η εμπορική επανάσταση στην αγορά των προσωπικών υπολογιστών στις επόμενες δεκαετίες κατέστησαν τις βάσεις δεδομένων κάτι το σύνηθες με το ενδιαφέρον να μετατοπίζεται στο ποια στοιχεία θα πρέπει να έχει ένα ιδανικό μοντέλο, στις προοπτικές που θα δημιουργεί και στην ενοποίηση αρχαιολογικών δεδομένων⁹⁰.

Ως χαρακτηριστικά παραδείγματα εφαρμογής νέων τεχνολογιών στην ανασκαφική διαδικασία μπορούν, εδώ, να αναφερθούν δύο ανασκαφές από τον ελληνικό χώρο, το Καραμπουρνάκι στο βορρά και η Ελεύθερνα στο νότο⁹¹. Και στις δύο περιπτώσεις δημιουργήθηκαν συστήματα ψηφιακής διαχείρισης και καταγραφής των ανασκαφικών δεδομένων (Integrated System of Digital Management of an Excavation)⁹².

Η ψηφιακή καταγραφή των ευρημάτων μίας ανασκαφικής περιόδου αποτελεί εξαιρετικά σημαντικό στοιχείο για την κατανόησή τους και την κατηγοριοποίησή τους ανεξαρτήτως είδους. Η ψηφιοποίηση της ίδιας της αρχαιολογικής θέσης και των αρχαιολογικού ενδιαφέροντος δομών που βρίσκονται σε αυτή προϋποθέτει τη χρησιμοποίηση σαρωτών λέιζερ (όργανο για το οποίο θα

⁹⁰ Richards 1998, 333

⁹¹ Για τις ανασκαφές στο Καραμπουρνάκι βλέπε Τιβέριος 1999 και για τις αρχαιολογικές έρευνες στην Ελεύθερνα Σταμπολίδης 2004.

⁹² Tsifakis 2002

μιλήσουμε αναλυτικότερα παρακάτω) είτε τη χρησιμοποίηση φωτογραμμετρικών μεθόδων⁹³. Διαδικασία ψηφιοποίησης με φωτογράφισή τους, αρχικά, και μετατροπή σε τρισδιάστατο μοντέλο, στη συνέχεια, υπέστησαν όλα τα κινητά ευρήματα από την ανασκαφή στο Καραμπουρνάκι, ενώ και η καταγραφή της ανασκαφικής διαδικασίας στο ανασκαφικό ημερολόγιο μπορεί να γίνει με μη αναλογικό τρόπο ώστε να διευκολύνεται η πρόσβαση σε αυτό⁹⁴.

Η ίδια η βάση δεδομένων στηρίζεται σε παραμέτρους που θα βάλει ο εκάστοτε δημιουργός της με βάση πάντα την ευκολότερη και αμεσότερη πρόσβαση στα ευρήματα. Η αναφορά κάθε ευρήματος εμπλουτίζεται με βιβλιογραφικές αναφορές, αρχαιομετρικά δεδομένα, αλλά και άλλα που παραπέμπουν στη διαδικασία συντήρησης του αντικειμένου ή άλλου είδους συμπληρωματικά δεδομένα⁹⁵. Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η διαδικασία που ακολουθήθηκε στην ανασκαφή της Ελεύθερνας στην Κρήτη⁹⁶. Παρόλο που υπάρχουν έτοιμα συστήματα καταγραφής και βάσεις δεδομένων, όπως τα ARCHES και ARK, αποφασίστηκε η δημιουργία μίας νέας βάσης προσαρμοσμένης στη συγκεκριμένη ανασκαφή, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα και ευελιξία επέκτασής της, να είναι χρηστική προς τους αρχαιολόγους που θα τη χρησιμοποιούν. Επίσης, να έχει την δυνατότητα να ενσωματώσει τα ήδη υπάρχοντα αρχαιολογικά δεδομένα με σκοπό να οργανώσει και να γεωαναφέρει τόσο τα ήδη υπάρχοντα ευρήματα όσο και όσα προκύψουν στο μέλλον μοιιάζοντας παράλληλα βάσεις με διαφορετικά πρωτόκολλα δεδομένων και αποτυπώνοντας όπως και στο Καραμπουρνάκι τόσο την αρχαιολογική θέση όσο και τα κινητά και ακίνητα ευρήματά της.

3.3.3. Εφαρμογές Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών

Τα λογισμικά GIS (Geographical Information System) ξεκίνησαν να εφαρμόζονται στην αρχαιολογία ήδη από τη δεκαετία του 1980⁹⁷, κυρίως στη Β.Αμερική, ενώ στην Ευρώπη η χρήση τους επεκτάθηκε τη δεκαετία του 1990⁹⁸. Η χρήση τους θεωρήθηκε από την αρχή ως επαναστατική όσον αφορά στη διαχείριση δεδομένων και τη χωρική ανάλυση με την εξέλιξή τους να συνεχίζεται έως και σήμερα⁹⁹.

⁹³ Ως παράδειγμα για την χρήση φωτογραμμετρικών μεθόδων σε ανασκαφικό χώρο βλ. Patias et al. 1999

⁹⁴ Για μία επιχειρηματολογία υπέρ του ηλεκτρονικού ανασκαφικού ημερολογίου βλ. Τιβέριος 2010

⁹⁵ Tsiafakis 2004 και Τσιαφάκη 2005

⁹⁶ Tapinaki et al. 2016

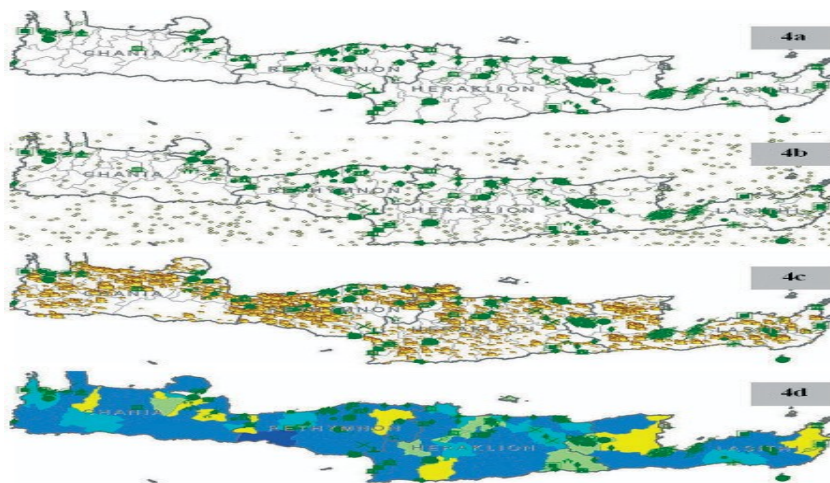
⁹⁷ Σχετικά με τη χρήση και τις πολλαπλές εφαρμογές του GIS στην αρχαιολογία βλ. Wheatly 2002, Lock 2003, Connolly 2006, Tsiipidis 2011, Scianna 2012, De Roo 2013, Sarris και Dederix 2014 και De Reu 2014.

⁹⁸ Richards 1998, 334

⁹⁹ Κατσιάνης 2009,69 και Scianna 2012, 337

Αποτελούν ένα συνδυασμό ψηφιακών τεχνολογιών με έμφαση στην διαχείριση δεδομένων, την ψηφιακή σχεδίαση, τη χαρτογράφηση περιοχών και την επεξεργασία εικόνων σε διάφορα επίπεδα και φάσεις¹⁰⁰. Η λειτουργία βασίζεται σε τέσσερα δομικά στοιχεία: στον μηχανισμό εισαγωγής των δεδομένων που μετατρέπουν την πληροφορία στην ψηφιακή μορφή της, κατόπιν στις μονάδες αποθήκευσης της πληροφορίας με σκοπό τη δυνατότητα ανάκτησης και ενημέρωσης της βάσης δεδομένων, τρίτον στα εργαλεία που πραγματοποιούν τη χωρική ανάλυση και, τέλος, σε μία πλατφόρμα απεικόνισης των δεδομένων που έχουν εισαχθεί με τη μορφή χάρτη¹⁰¹. Η διαφορά που υπάρχει με τα προγράμματα CAD - τα οποία επεξεργάζονται δεδομένα σχεδίασης - είναι στην ανάλυση και επεξεργασία των χωρικών δεδομένων, τα οποία αναπαριστώνται και γραφικά στα συστήματα GIS.

Η εξέλιξη της πορείας τους στην χρησιμοποίησή τους στο πεδίο της αρχαιολογίας αυξάνει προοδευτικά με την αξία της σημασίας και της χρησιμότητάς τους. Στην ουσία τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών τείνουν να εξελιχθούν - ή το έχουν ήδη πετύχει - στο βασικό ψηφιακό εργαλείο ενσωμάτωσης και διαχείρισης των αρχαιολογικών δεδομένων από διαφορετικά επιστημονικά πεδία που άπτονται της ανασκαφικής διαδικασίας με την σύνθετη και πολύπλευρη ανάλυση των δεδομένων να επιτρέπει μεγάλο βαθμό διεισδυτικότητας στην ερμηνευτική αρχαιολογική διαδικασία αποτυπώνοντας επίσης γραφικά τη χωροχρονολογική διαφοροποίηση μίας ανασκαφικής θέσης.



Εικόνα 7. Συνδυασμός αρχαιολογικών και περιβαλλοντικών δεδομένων όπου και διαφαίνεται ο χάρτης των ρωμαϊκών θέσεων στην Κρήτη, επικαλυπτόμενος σταδιακά από άλλους χάρτες που

¹⁰⁰ Wheatly 2002, 9-10

¹⁰¹ Marble 1990, 12

δείχνουν την καταγεγραμμένη σεισμική δραστηριότητα, την επαναληπτικότητα σε περιστατικά πυρκαγιών και τέλος ένα μοντέλο πρόβλεψης κινδύνου πυρκαγιάς για το 2010 (Sarris et al. 2009).

3.3.4 Γεωφυσικές διασκοπήσεις

Η γενικότερη ώθηση που έδωσε η εμπειρία του Δευτέρου Παγκοσμίου πολέμου, με την ανατροπή παγιωμένων θεωριών και την εμφάνιση νέων ερευνητικών κατευθύνσεων στο αρχαιολογικό πεδίο, αποτυπώθηκε και τεχνολογικά με την εφαρμογή νέων μεθόδων στην αρχαιολογική πρακτική, με την μαγνητική και ηλεκτρική διασκόπηση υπεδάφους να είναι μία από αυτές. Και οι δύο πρωτοεφαρμόστηκαν στην Αγγλία, το 1948 η ηλεκτρική και το 1958 η μαγνητική¹⁰². Η χρήση και των δύο μεθόδων εντατικοποιήθηκε τα τελευταία χρόνια¹⁰³ λόγω της εξέλιξης της οργανολογίας τους και της αυτοματοποίησης της διαδικασίας απόκτησης δεδομένων.

Η ηλεκτρική διασκόπηση βασίζεται σε μετρήσεις που γίνονται είτε από την επιφάνεια του εδάφους είτε και με γεωτρήσεις με βασικό σκοπό τη μέτρηση της ηλεκτρικής αντίστασης ή αγωγιμότητας, η οποία - ανάλογα με το ισχυρό ή ασθενές σήμα της - μπορεί να μεταφραστεί σε αντίστοιχο είδος αρχαιολογικών καταλοίπων με ένα τοίχο να επιστρέφει διαφορετικά δεδομένα από ένα δάπεδο ή μία τάφρο¹⁰⁴. Η μαγνητική διασκόπηση βασίζεται και αυτή στην ίδια λογική με τη μέτρηση αυτή τη φορά των συσχετισμών ανάμεσα στο τοπικό μαγνητικό πεδίο και τυχόν μικρών ή μεγάλων υπεδάφιων αποκλίσεων από αυτό. Η δε μέτρηση γίνεται σε μικρή και σταθερή απόσταση από την επιφάνεια του εδάφους με τη χρήση κατάλληλων οργάνων, έχοντας την οξύτητα εντοπισμού ακόμη και πασσαλοτρυπών¹⁰⁵.

Τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής των μεθόδων αυτών και της εισαγωγής τους στη φαρέτρα της αρχαιολογικής επιστήμης είναι πολλαπλά και ποικίλα, καθώς αρκετή έμφαση δίνεται πλέον στην δυνατότητα ανάλυσης αρχαιολογικών θέσεων και άντλησης πληροφοριών για αυτές χωρίς την εφαρμογή των παραδοσιακών αρχαιολογικών ανασκαφικών μεθόδων¹⁰⁶. Η γεωεπισκόπηση περιοχών σε μία γνωστή ή άγνωστη αρχαιολογική θέση μπορεί να γλυτώσει από κόπο και χρήμα τις αρχαιολογικές έρευνες, οι οποίες γίνονται πιο στοχευμένες όσον αφορά τη θέση ανασκαφής, τα μέσα και το δυναμικό που θα χρειαστεί, αλλά και τους ερευνητικούς σκοπούς της διαδικασίας, δίνοντας

¹⁰² Aitken 1974

¹⁰³ Cardarelli et al. 2005, 15

¹⁰⁴ Sarris et al. 2015, 169 και NISHIMURA 2001, 544

¹⁰⁵ Sarris et al. 2015, 169 και NISHIMURA 2001, 546

¹⁰⁶ Lock 2003, 14

περισσότερα και πιο συγκεκριμένα επιστημονικά επιχειρήματα για την επιλογή του σημείου έρευνας¹⁰⁷. Σε περιπτώσεις που μία ανασκαφική έρευνα δεν είναι εύκολη λόγω κάλυψης της περιοχής ενδιαφέροντος από αστικά κτίρια ή από ιστορικά μνημεία (λ.χ. υπήρχε το έθιμο ταφής νεκρών μέσα και γύρω από εκκλησίες) η μόνη δυνατότητα επιστημονικής διερεύνησης είναι μέσω αυτών των μεθόδων επισκόπησης. Το ίδιο ισχύει και στο πεδίο της σωστικής αρχαιολογίας, όπου με τα μεγάλα έργα των τελευταίων δεκαετιών στην Ελλάδα, τείνει να πάρει ένα συστηματικό και οργανωμένο χαρακτήρα. Η πίεση χρόνου και η έλλειψη ικανών πόρων για αρχαιολογικές έρευνες είναι ζητήματα που μπορούν να εξομαλυνθούν και - κατά περίπτωση - να λυθούν μέσω των διασκοπήσεων, δίνοντας ακριβείς απαντήσεις σε σύντομο χρονικά διάστημα.

3.4 Νέες Μέθοδοι Χρονολόγησης

Στα μάτια του μη επιστημονικού κοινού, το βασικό καθήκον ενός αρχαιολόγου και η πιο συνηθισμένη ερώτηση που του απευθύνεται, έχει να κάνει με τη χρονολόγηση, είτε αυτή αφορά σε ολόκληρες αρχαιολογικές θέσεις και πολιτισμούς είτε σε ένα απλό ακόσμητο αγγείο καθημερινής χρήσης. Για την απάντηση σε αυτά τα ερωτήματα έχουν αναπτυχθεί από τους αρχαιολόγους συστήματα έμμεσης χρονολόγησης με βάση τυπολογικούς, στρωματογραφικούς και άλλου είδους συσχετισμούς με εμφανή μειονεκτήματα όσον αφορά στην αποτελεσματικότητά τους, ειδικότερα σε προϊστορικές κοινωνίες με έλλειψη γραπτών πηγών όπου και το περιθώριο σφάλματος αυξάνεται. Για τη συνδρομή σε μία άλλης φύσεως επιστημονική αντιμετώπιση του θέματος η αρχαιολογία προσέτρεξε ξανά στις φυσικές επιστήμες με τις τελευταίες να εφευρίσκουν διαφορετικούς τρόπους απάντησης στο ερώτημα είτε με φυσικό τρόπο όπως η δενδροχρονολόγηση¹⁰⁸ και ο παλαιομαγνητισμός είτε με χημικό τρόπο.

Ο παλαιότερος και πιο γνωστός ίσως τρόπος, είναι η ραδιοχρονολόγηση, που αναπτύχθηκε αμέσως μετά τον πόλεμο στο Πανεπιστήμιο του Σικάγο (1946)¹⁰⁹ επηρεάζοντας την αρχαιολογία και σε θεωρητικό επίπεδο. Μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε οργανική ύλη - όπως το κλαδί ελιάς από την έκρηξη του ηφαιστείου στη Σαντορίνη - και βασίζεται στη σταδιακή μείωση της ποσότητας του άνθρακα - είτε 12 είτε 14 που είναι ραδιενεργός - από τη στιγμή θανάτου ενός έμβιου οργανισμού και τη μέτρησή της, γνωρίζοντας πως ο χρόνος ημίσειας ζωής του C14 είναι 5730 χρόνια. Άλλοι χημικοί τρόποι χρονολόγησης βασίζονται σε ορυκτά, όπως οι άστριοι και ο χαλαζίας, ενώ μεγάλη εφαρμογή

¹⁰⁷ Sarris et al. 2017

¹⁰⁸ Truncer 2008, 1078

¹⁰⁹ Trigger 2006, 382

βρίσκουν και τα ισότοπα πολλών στοιχείων, όπως το Κάλιο, ισότοπα του ουρανίου και του θορίου (238U, 235U, 232Th) κ.ά..

Η θερμοφωταύγεια είναι μία καινούρια μέθοδος, που βασίζεται σε εμπειρική παρατήρηση του γεγονότος πως αρκετά ορυκτά φωτοβολούν εάν θερμανθούν. Η χρονολόγηση μέσω θερμοφωταύγειας στηρίζεται στη μέτρηση της ενέργειας των ηλεκτρονίων που είναι παγιδευμένα στην κρυσταλλική δομή ενός αρχαιολογικού ενδιαφέροντος αντικειμένου. Αυτά τα ηλεκτρόνια έχουν εγκαταλείψει τα άτομά τους με την ακτινοβολία που έχουν δεχθεί από τα ραδιενεργά στοιχεία στο δείγμα, ή στο περιβάλλον του δείγματος, και έχουν παγιδευτεί ύστερα στις ατέλειες του δικτυωτού πλέγματος του κρυστάλλου. Τα ηλεκτρόνια απελευθερώνονται από τις παγίδες, με τη θέρμανση του δείγματος, παραδείγματος χάριν τη στιγμή όπτησης ενός αγγείου σε κλίβανο ή και με την έκθεση στο φως. Με άλλα λόγια, η θέρμανση επαναρυθμίζει το "ρολόι θερμοφωταύγειας" στο μηδέν και ο αριθμός παγιδευμένων ηλεκτρονίων συναθροίζεται με ρυθμό που ελέγχεται από την τοπική πηγή ακτινοβολίας¹¹⁰.

Για απώτατες χρονολογήσεις που αναφέρονται σε μία περίοδο από 100.000 έως και 5.000.000 εκατομμύρια χρόνια οι απαντήσεις δίνονται με τη μελέτη των τροχιών σχάσης του ουρανίου ή με τη μέθοδο Καλλίου-Αργού, ενώ χρονολόγηση μπορεί να γίνει ακόμη και μέσω της διαδικασίας ενυδάτωσης του οψιανού¹¹¹.

¹¹⁰ Truncer 2008, 1080

¹¹¹ Liritzis and Laskaris 2011

**4. Η επιστημονική και γεωμετρική
τεκμηρίωση και καταγραφή
σε συσχετισμό με
την αρχαιολογική πρακτική
και την προστασία των ευρημάτων**

4.1 Θεωρία και τεχνικές αρχαιολογικής καταγραφής

Ανάμεσα στο μεγαλύτερο ποσοστό των αρχαιολόγων κυριαρχεί η άποψη πως η ανασκαφή είναι μία καταστρεπτική διαδικασία, δίνοντάς σου μία και μόνη ευκαιρία να αναγνωρίσεις, να συγκεντρώσεις και να καταγράψεις σωστά τα αρχαιολογικού ενδιαφέροντος δεδομένα που αντλούνται από τη διαδικασία αυτή ώστε να μεταγράψεις ακολούθως την αρχαιολογική πληροφορία που αντλείται σε σωστή ερμηνεία, το ιερό δισκοπότηρο της αρχαιολογίας¹¹². Αυτομάτως τίθεται το ζήτημα αναφορικά με το ποια δεδομένα είναι αυτά που πρέπει να καταγραφούν και ακολούθως με ποιόν ενδεδειγμένο τρόπο.

Η πρώτη έννοια της συστηματοποίησης της ανασκαφικής διαδικασίας έλαβε χώρα εκεί που ουσιαστικά ξεκίνησε και η σύγχρονη έννοια της ανασκαφής, στη Πομπηία. Ο Fiorelli που συνέχισε τις ανασκαφές τη δεκαετία του 1860 ήταν και ο πρώτος που συνέλαβε τις βασικές αρχές της ανασκαφικής διαδικασίας, όπως το να διατηρούνται στοιχεία στη θέση τους έχοντας κατά νου τη στρωματογραφική αλληλουχία. Το νήμα πήραν ένας Αμερικανός και ένα Βρετανός. Ο στρατηγός Augustus Lane – Fox Pitt-Rivers ήταν ο πρώτος που έδειξε ενδιαφέρον και για τα μη εντυπωσιακά ευρήματα, αναγνωρίζοντας την αξία και σημασία τους¹¹³, προσπαθώντας να δημιουργήσει συστηματικές και αναλυτικές μεθόδους ανασκαφής και καταγραφής των ευρημάτων έχοντας κατά νου να δημιουργήσει τις συνθήκες ώστε οι αρχαιολόγοι του μέλλοντος να μπορούν να ανατρέξουν ξανά τόσο στα ευρήματα όσο και στον τρόπο καταγραφής τους, εξετάζοντάς τα με άλλο μάτι¹¹⁴.

Η επιμονή στη μεθοδική συλλογή, περιγραφή και καταγραφή όλων των ανασκαφικών ευρημάτων χαρακτήριζε και τον Sir William Flinders Petrie στις ανασκαφές που πραγματοποίησε στην Αίγυπτο και στην Παλαιστίνη. Ήταν εκείνος που κατέταξε σε αλληλουχίες τα κεραμικά ευρήματα με βάση την τυπολογία τους, χρονολογώντας με τον τρόπο αυτό το στρώμα εμφάνισής τους¹¹⁵. Δεν θεώρησε σωστό να καταφύγει σε κοπιαστικές και κουραστικές καταγραφές της παραμικρής ανασκαφικής λεπτομέρειας, αλλά μόνο ότι θεωρούσε πως κατείχε αντικειμενική αξία, για αυτό και ο ανασκαφέας έπρεπε να κατανοεί ακριβώς αυτό που καταγράφει. Ο Petrie υπογραμμίζει την καταγραφή στο πεδίο ως την ειδοποιό διαφορά ανάμεσα στον αρχαιολόγο και τον

¹¹² Σύμφωνα μάλιστα με τον ιερέα της μεταδιαδικαστικής προσέγγισης I.Hodder η ερμηνεία λαμβάνει χώρα στο ίδιο το ανασκαφικό πεδίο.

¹¹³ Renfrew και Bahn 1991, 30

¹¹⁴ Lucas 2001, 21-22

¹¹⁵ Renfrew και Bahn 1991, 30

αρχαιοκάπηλο, αφού - κατά την άποψή του - η ουσία της αρχαιολογίας είναι η τεκμηρίωση της ερευνητικής διαδικασίας¹¹⁶.

Ακόμη και σήμερα, όμως, δεν υπάρχει ένα παγκόσμια θεσμοθετημένο πρότυπο σχετικά με την ανασκαφική διαδικασία και πρακτική, αλλά, αντιθέτως, ακολουθούνται διαφορετικές μέθοδοι και τεχνικές σε διαφορετικά μέρη του κόσμου ανάλογα με τα θεωρητικά ρεύματα στην αρχαιολογική επιστήμη, το ευρύτερο τεχνικό και οργανωτικό πλαίσιο, τη χρηματοδότηση ή ακόμη και την παράδοση μίας συγκεκριμένης αρχαιολογικής σχολής¹¹⁷. Οι ανασκαφές μπορούν σε γενικές γραμμές να διαχωριστούν σε οριζόντιες για τη διερεύνηση θέσεων με λεπτές επιχώσεις ή κάθετες προκειμένου να εντοπιστούν οι διαφορετικές κατασκευαστικές φάσεις και η χρονική αλληλουχία του ορίζοντα γεγονότων, ενώ μία δεύτερη διαφοροποίηση θα μπορούσε να γίνει στη βάση της αφαίρεσης επιχώσεων ανάλογα με τα αρχαιολογικά στρώματα ή με τεχνητές στρώσεις¹¹⁸ (*πάσα* ή *ταμπάνια* με βάση την ελληνική ορολογία της σωστικής ανασκαφής).

Η μέθοδος, πάντως, που εφαρμόζεται - παρόλα τα μειονεκτήματά της - στις περισσότερες ανασκαφές παγκοσμίως, αποκρυσταλλώθηκε από τους Sir Mortimer Wheeler, στις ανασκαφές που διενήργησε στο Verulamium κατά την διάρκεια της πενταετίας 1930-1935¹¹⁹, και Kathleen Kenyon, η οποία το τελειοποίησε, στην ανασκαφή της Ιεριχούς όπου εργάστηκε από το 1952 έως το 1958. Η κάθε μία ανασκαφική θέση χωρίζεται σε κάρναβο και κάθε τετράγωνο, μεγέθους 5.00 μ. επί 5.00 μ., αποτελεί στην ουσία ένα μεμονωμένο ανασκαφικό τομέα. Η στρωματογραφική εξέλιξη διατηρείται στις κάθετες πλευρές του σκάμματος, που γι αυτό το λόγο αποκαλούνται και μάρτυρες. Η γενικότερη στρωματογραφική ανάλυση της θέσης αναδεικνύεται με το συσχετισμό των αντίστοιχων αναλύσεων των τετραγώνων, με βάση την οποία ομαδοποιούνται και κινητά ή ακίνητα ανασκαφικά ευρήματα. Πλεονέκτημα αποτελεί και η ασφαλέστερη ένταξη των ευρημάτων στο χώρο αφού παίρνοντας αποστάσεις από δύο ή και τρεις πλευρές του σκάμματος ορίζεται επακριβώς το εκάστοτε σημείο εύρεσης. Έμφαση δόθηκε και στη σχεδιαστική τεκμηρίωση - αν και όχι τόσο λεπτομερής, όπως των προκατόχων του- των ευρημάτων¹²⁰.

¹¹⁶ Petrie 1904, 48

¹¹⁷ Για μία καταγραφή των πιο γνωστών ανασκαφικών εγχειριδίων βλ. Κατσιάνης 2012, 48

¹¹⁸ Κωτσάκης 2000, 39-41

¹¹⁹ Wheeler 1954

¹²⁰ Barker 1993, 37



Εικόνα 8. Η ανασκαφή στο Maiden Castle από τον Sir Mortimer Wheeler, όπου και παγιώθηκε η χρήση του ανασκαφικού καννάβου¹²¹

Στην ουσία αυτό που κατά κάποιο τρόπο απαιτείται από τις διαδικασίες και μεθόδους καταγραφής και τεκμηρίωσης είναι να μεταγράψει και να υποκαταστήσει την υλική μορφή του αρχαιολογικού υλικού μετατρέποντάς το σε ερευνητικά δεδομένα. Η ερμηνεία αποτελεί το ζητούμενο και έρχεται μέσω της κατανόησης του ερευνητικού πλαισίου, αλλά, επίσης, σύμφωνα με τον Latour «βασίζεται στην αλληλεπίδραση των ερευνητών με επιστημονικά όργανα και υλικά μέσα τεκμηρίωσης στο πλαίσιο μίας συλλογιστικής αλυσίδας, που έχει ως αποτέλεσμα τον πολλαπλό μετασχηματισμό των δεδομένων»¹²². Η παραγωγή νέας γνώσης έρχεται μέσα από τη συνομιλία του ερευνητή με το ανασκαφικό αρχείο, με τον Witmore να ορίζει ως μέσα τεκμηρίωσης όλα τα υλικά αντικείμενα που είναι φορείς ανασκαφικής πληροφορίας, όπως το ημερολόγιο, τα σχέδια, τις φωτογραφίες, τους καταλόγους ευρημάτων, όπως και τους υπολογιστές¹²³. Το ίδιο υποστηρίζει και η λεγόμενη Συμμετρική Αρχαιολογία, όπου και εδώ εμφανίζεται το δίτιλο ερευνητή/ μέσα τεκμηρίωσης με σκοπό την εξαγωγή δεδομένων, η οποία ήδη υπάρχει στο μέσο αποτελώντας και το λόγο ύπαρξής του. Τα χαρακτηριστικά, όμως, και οι ιδιότητες του μέσου δεν είναι αμέτοχες στη διαδικασία παραγωγής επιστημονικής πληροφορίας επηρεάζοντας καιρία την όλη διαδικασία¹²⁴.

Το ανασκαφικό ημερολόγιο, συμπληρωμένο σε ένα τετράδιο, αποτέλεσε για πάνω από ένα αιώνα το βασικό αρχείο καταγραφής των εργασιών στον ανασκαφικό χώρο και των παρατηρήσεων του υπεύθυνου

¹²¹ Roskams 2001, εικ. 2

¹²² Κατσιάνης 2012, 57

¹²³ Ο. π., 57

¹²⁴ Shanks 2007, 591

αρχαιολόγου. Ανασκαφικά δελτία με έτοιμα πεδία προς συμπλήρωση ήταν η εναλλακτική πρόταση, με καθεμία από τις δύο να έχει τα υπέρ και τα κατά της. Η απεικόνιση τόσο της ανασκαφικής διαδικασίας βήμα βήμα σε σκαριφήματα - σε κλίμακα 1:50 συνήθως - αλλά και η τελική αποτύπωση κινητών και σταθερών ευρημάτων σε δισδιάστατα σχέδια με δικές τους αρχαιολογικές συμβάσεις αποτελούν κοινό τόπο σε όλες τις ανασκαφές. Συμβάσεις, που είχε και το πρώτο τεχνολογικό μέσο που ενσωματώθηκε στην αρχαιολογική πρακτική, η φωτογραφική μηχανή. Αναλογική στο όχι και τόσο μακρινό παρελθόν, με τις compact και DSLR μηχανές να αποτελούν το αρχαιολογικό τεκμηριωτικό παρόν προοιωνίζοντας το μέλλον. καθώς ήταν και το πρώτο αρχαιολογικό μέσο που πέρασε την αρχαιολογία στην ψηφιακή εποχή της.

4.2 Διασαφήνιση του ρόλου γεωμετρικής τεκμηρίωσης

Όπως ήδη αναφέρθηκε και στο δεύτερο κεφάλαιο (2.3), όλοι οι διεθνείς οργανισμοί και οι αντίστοιχες επιτροπές, που ασχολούνται με τα πολιτιστικά θέματα, αναγάγουν σε προτεραιότητα τους τη γεωμετρική τεκμηρίωση των μνημείων πολιτιστικού ενδιαφέροντος - είτε πρόκειται για ένα μεγαλιθικό μνημείο είτε για μικρές βραχογραφίες - θέτοντας το ιδεολογικό και θεωρητικό πλαίσιο προστασίας και συντήρησής τους. Προεξάρχουσα ανάμεσά τους η Χάρτα της Βενετίας, η οποία επηρέασε και κατεύθυνε πλήρως όλα τα διατάγματα, που ακολούθησαν, θέτοντας τις βασικές κατευθυντήριες που ισχύουν μέχρι και σήμερα. Οι νέες ψηφιακές τεχνολογίες που διατίθενται για την εξυπηρέτηση του σκοπού αυτού εντάσσονται στην κατηγορία των έμμεσων τεχνικών αποτύπωσης, εναρμονισμένες πλήρως με το πνεύμα της εποχής που ζητά τη λιγότερο δυνατή άμεση επαφή με το αντικείμενο ή με το χώρο ενδιαφέροντος, με σκοπό την αποτελεσματικότερη προστασία του. Τα επιστημονικά αποτελέσματά τους από την άλλη είναι τόσο εντυπωσιακά ώστε να μιλάμε πλέον για «απόλυτη αποτύπωση»¹²⁵ μιας και τα σχέδια που παράγονται φτάνουν μέχρι ακρίβεια χιλιοστού. Τα τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα, επιτρέπουν τη γρήγορη κατανόηση του χώρου και του συνόλου του αντικειμένου σε συνδυασμό με τη δυνατότητα παραγωγής οποιουδήποτε σχεδιαστικού προϊόντος, όπως π.χ. κατόψεις, όψεις, τομές, αξονομετρικά και προοπτικά και φυσικά της τρισδιάστατης οπτικοποίησης και εκτύπωσης.

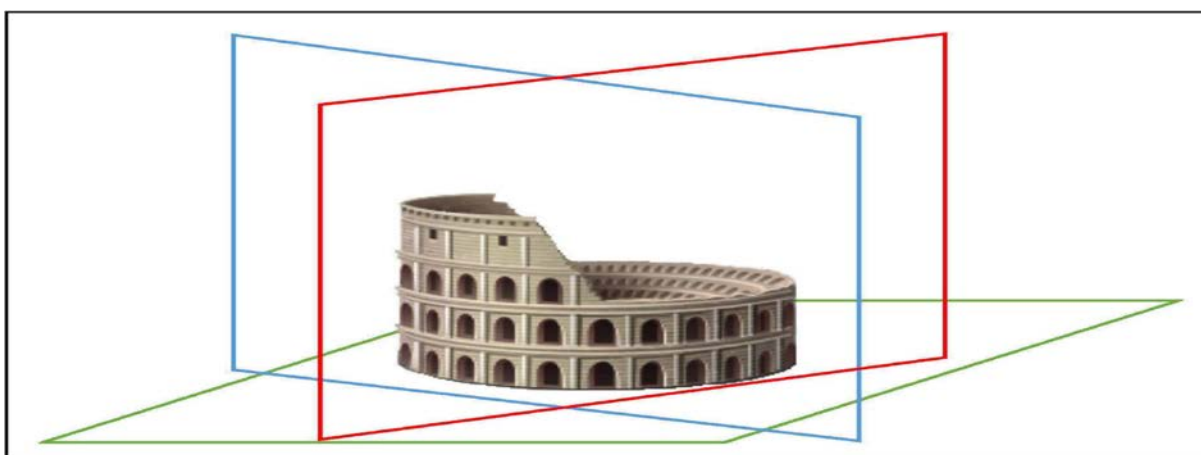
Στην ουσία η γεωμετρική τεκμηρίωση βασίζεται σε μία σειρά μετρήσεων μέσω των οποίων μπορούν να εξαχθούν ως προϊόντα μικρής ή μεγαλύτερης κλίμακας διανυσματικά σχέδια και ψηφιδωτές εικόνες, καθώς και τρισδιάστατες απεικονίσεις καταλήγοντας επομένως στην αποτύπωση

¹²⁵ Λιανός 2013

της ορθής προβολής ενός μνημείου ή αντικειμένου σε οριζόντια και κατακόρυφα επίπεδα, δηλαδή σχέδια. Τα προϊόντα αυτά αποτελούν την ορθή προβολή μίας προσεκτικά επιλεγμένης ομάδας σημείων, τεχνική στην οποία βασίζονται όλες οι μέθοδοι γεωμετρικής τεκμηρίωσης. Η κλίμακα αποτύπωσης, πάνω στην οποία βασίζεται και ο βαθμός ακριβείας, είναι σχετική και μπορεί να είναι μικρή ή μεγάλη (1:200 ή 1:20), ενώ ο βαθμός ανάλυσης και λεπτομέρειας εξαρτάται από τη συνεννόηση με τον ειδικό αρχιτέκτονα ή αρχαιολόγο, που γνωρίζει τις ιδιαιτερότητες του υπό τεκμηρίωση μνημείου και παράλληλα από το πεδίο εφαρμογής των μετρητικών αποτελεσμάτων¹²⁶.

Η κλίμακα του τελικού προϊόντος καθορίζει τόσο το πλήθος των λεπτομερειών που θα πρέπει να απεικονίζονται (αναλυτικότητα σχεδίου) όσο και την ακρίβεια με την οποία αυτές θα πρέπει να προσδιορίζονται, στα όποια αποτελέσματα της διαδικασίας τα οποία μπορούν αναλυτικά να μεταφράζονται σε γενική οριζοντιογραφία, οριζόντιες τομές, κατόψεις ή ανόψεις, όψεις, κατακόρυφες τομές, οψοτομές, αναπτύγματα, χαρτογραφικές προβολές, τρισδιάστατες αποδόσεις, φωτορεαλιστικά σχέδια, αναλογικά σχέδια και ψηφιακά αρχεία¹²⁷.

Λόγω της ικανότητας των λογισμικών να προβάλλουν διανυσματικά σχέδια στον τρισδιάστατο χώρο είναι εφικτή η παραγωγή τρισδιάστατων σχεδίων, ενώ η παραγωγή τρισδιάστατων νεφών σημείων και κατ'έκταση τριγωνικών ή πολυγωνικών πλεγμάτων μπορεί να οδηγήσει σε τρισδιάστατα μοντέλα απεικόνισης.



Εικόνα 9. Πλήρης γεωμετρική τεκμηρίωση ενός μνημείου.

¹²⁶ Ioannidesetal. 2017, 33

¹²⁷ Γεωργόπουλος 2016, Διαφάνεια 21

Ο ειδικός, λοιπόν, στην αποτύπωση έχει διττή αποστολή, καθώς πέρα από τα αμιγώς τεχνικά καθήκοντά του πρέπει να «εισχωρήσει κατά το δυνατόν στη διάλεκτο του χρήστη, να προσαρμόσει σε αυτήν τις δικές τους έννοιες, αλλά παράλληλα να τον εισαγάγει και στο νόημα των δικών του εργαλείων»¹²⁸. Αυτή η διεπιστημονική προσέγγιση και συνεργασία δεν είναι πάντα εύκολη ειδικά όταν πρόκειται για αρχαιολόγους που προέρχονται από διαφορετικό αντικείμενο σπουδών, συγχέοντας ίσως τα πράγματα και περιμένοντας διαφορετικό αποτέλεσμα από το αντικειμενικά ψυχρό, μετρητικό προϊόν της γεωμετρικής τεκμηρίωσης. Το θέμα της συνομιλίας και της αμοιβαίας κατανόησης των «παρόχων» της γεωμετρικής αποτύπωσης με τους «χρήστες» της είναι άκρως σημαντικό ώστε να μπορέσουν να αφομοιωθούν και αξιοποιηθούν πλήρως οι νέες τεχνολογικές δυνατότητες της αποτύπωσης από τους κατεξοχήν ειδικούς του πολιτιστικού τομέα.

4.3 Μέθοδοι καταγραφής δεδομένων

Σχετικά με την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου για τη συλλογή των δεδομένων η επιλογή γίνεται ανάμεσα στις παραδοσιακές απλές τοπομετρικές (εμπειρικές) μεθόδους και τις πιο σύγχρονες και εξελιγμένες τοπογραφικές και φωτογραμμετρικές. Βέβαια οι πρώτες επιλέγονται είτε για πιο απλές περιπτώσεις είτε για συμπλήρωση μικρών τμημάτων σε μνημεία που έχουν χρησιμοποιηθεί οι δύο τελευταίες ή ακόμη για την αποτύπωση σημαντικών λεπτομερειών¹²⁹ με το μεγαλύτερο ίσως πλεονέκτημά τους να είναι το χαμηλό κόστος τους. Χαρακτηρίζονται, όμως, από μία αβεβαιότητα στις μετρήσεις, καθώς δεν υπάρχει επιστημονικός τρόπος να επαληθευθούν. Οι τοπογραφικές μέθοδοι συλλογής των δεδομένων βασίζονται σε άμεσες μετρήσεις μηκών και γωνιών είτε στον ίδιο το χώρο του μνημείου ή αντικειμένου είτε ακόμη σε εικόνες του. Με τον προσδιορισμό τρισδιάστατων συντεταγμένων του αντικειμένου σε ένα ενιαίο σύστημα αναφοράς εξασφαλίζουν παράλληλα ενιαία, υψηλή και προκαθορισμένη ακρίβεια. Στα χαρακτηριστικά τους επίσης εντάσσονται τόσο η προσαρμοστικότητα και η ευελιξία ανά περίπτωση όσο και η οικονομικότητα της μεθόδου με το λόγο του ελάχιστου δυνατού κόστους ως προς τη μέγιστη δυνατή ωφέλεια¹³⁰. Τέλος, οι άλλες δύο μέθοδοι είναι η φωτογραμμετρική αποτύπωση-στην οποία και θα γίνει ιδιαίτερη αναφορά και η τρισδιάστατη απεικόνιση μέσω σαρωτή λέιζερ. Τόσο οι σαρωτές λέιζερ όσο και οι ψηφιακές φωτογραμμετρικές τεχνικές, έχουν δυνατά και αδύνατα σημεία με την επιλογή ανάμεσά τους να εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους. Σε κάθε περίπτωση,

¹²⁸ Πάτιας 2009, 72

¹²⁹ Ioannides et al. 2017, 33

¹³⁰ Γεωργόπουλος 2016, δ.8

αν σε μια εργασία υπάρχει η δυνατότητα χρήσης τρισδιάστατου σαρωτή λέιζερ η ψηφιακή φωτογραμμετρία μπορεί συμπληρωματικά να χρησιμοποιηθεί, κυρίως για την καλύτερη καταγραφή της υφής του αντικειμένου και την κάλυψη πιθανών κενών. Η κοινή χρήση των δύο μεθόδων, ουσιαστικά αποτελεί το συνδυασμό της ακρίβειας των μετρήσεων, που επιτυγχάνουν οι επίγειοι τρισδιάστατοι σαρωτές λέιζερ και της υψηλής ποιότητας της τεκμηρίωσης των επιφανειών του αντικειμένου, μέσω της ψηφιακής φωτογραφίας, που προσφέρει καλύτερα φωτορεαλιστικά αποτελέσματα¹³¹. Στην ουσία για την επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου λαμβάνονται υπόψη τεχνικά στοιχεία, δηλαδή η ευχρηστία και λειτουργικότητα της προτεινόμενης μεθόδου, το είδος των παραγόμενων προϊόντων αποτύπωσης και η τελική ακρίβεια του προϊόντος σε συνδυασμό με τα οικονομικά στοιχεία, που αφορούν τόσο στην αγορά του εξοπλισμού που θα απαιτηθεί για την εφαρμογή της βέλτιστης τεχνικής αλλά και τον χρόνο που μεταφράζεται σε κόστος¹³².

Η γεωμετρική αποτύπωση συνίσταται στην προσεκτική δημιουργία νεφών σημείων και στην εξάρτησή τους στο χώρο οπότε όλες οι μέθοδοι κινούνται γύρω από αυτή τη λογική και μεθοδολογία χωρίς καμία να θεωρείται παρωχημένη, αλλά να έχουν όλες το κατάλληλο σημείο εφαρμογής τους. Μία πρώτη διαφοροποίησή τους μπορεί να γίνει ανάμεσα σε αυτές που χρησιμοποιούν φως ή μη αλλά η βασική κατηγοριοποίησή τους είναι ανάμεσα στις ενεργητικές μεθόδους όπως η χρήση σαρωτή λέιζερ και στις παθητικές μεθόδους όπως η φωτογραμμετρία. Οι παθητικές μέθοδοι καταγράφουν την ακτινοβολία που εκπέμπουν τα ίδια τα αντικείμενα φωτιζόμενα από άλλη πηγή σε αντίθεση με τις ενεργητικές που καταγράφουν το χρόνο επιστροφής σε αυτά της ακτινοβολίας που τα ίδια εκπέμπουν προς τα αντικείμενα του ενδιαφέροντός τους¹³³. Οι ενεργητικές μέθοδοι μπορούν να καταγραφούν στη σάρωση με ακτίνα λέιζερ, στη σάρωση με δομημένο φως, στις κάμερες εμβέλειας και τη φωτομετρική στερεοσκοπία ενώ οι φωτογραμμετρικές εντάσσονται στις παθητικές¹³⁴.

Ανάλογα με τη μέθοδο, υπάρχει προφανώς και η αντίστοιχη οργανολογία. Οι επίγειοι σαρωτές λέιζερ (Terrestrial Laser Scanners) εμφανίστηκαν στη δεκαετία του 1990 και έχουν τη δυνατότητα να αποτυπώσουν ένα αντικείμενο, αποδίδοντας πυκνά νέφη σημείων καταγράφοντας τη θέση του κάθε

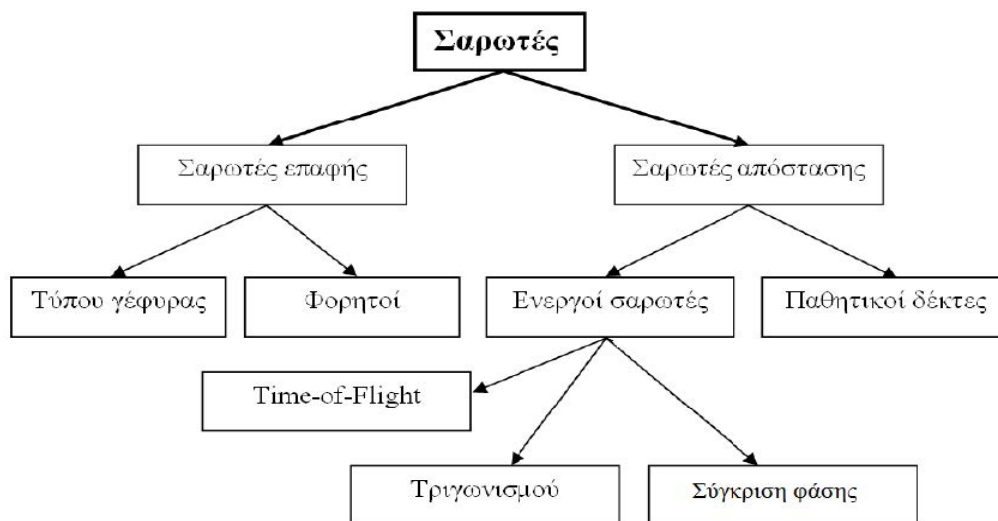
¹³¹ Λιανός 2013, 13

¹³² Παυλίδης κ.α 2014, 20

¹³³ Παυλίδης κ.α 2014, 21: στις παθητικές μεθόδους γίνεται συνήθως χρήση του περιβαλλοντικού φωτισμού και τα μοναδικά χαρακτηριστικά που αποτυπώνονται είναι αυτά που είναι εμφανή σε ψηφιακές εικόνες, ενώ οι ενεργητικές βασίζονται σε ακτίνες λέιζερ κοντινών αποστάσεων που αποτυπώνουν τις παραμορφώσεις που δέχεται η δέσμη φωτός καθώς ανακλάται πάνω σε επιφάνειες δημιουργώντας ένα πυκνό *χάρτη βάθους* ή ένα *νέφος σημείων* από όλες τις εμφανείς επιφάνειες.

¹³⁴ Ioannides et al. 2017, 34

στοιχείου στο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων παράλληλα με την ένταση της ανακλώμενης ακτινοβολίας¹³⁵. Πέρα από τους επίγειους υπάρχουν και αερομεταφερόμενοι (LIDAR) με σκοπό την καταγραφή του ανάγλυφου της γης, αλλά και των θαλάσσιων και λιμναίων πυθμένων λόγω της ιδιότητας κάποιων λέιζερ να διαπερνούν το νερό.



Εικόνα 10. Η κατηγοριοποίηση των επίγειων σαρωτών.

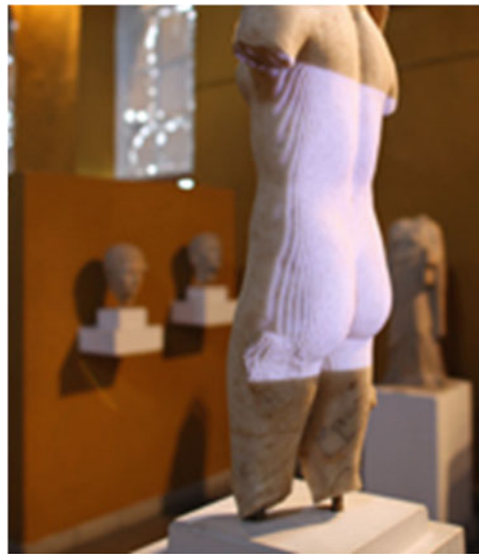
Αν και δεν καταγράφουν υφή, η διαδικασία αποτύπωσης με τη χρήση σαρωτών λέιζερ είναι ίσως η πιο εύχρηστη μέθοδος καθώς:

- Είναι ταχύτατη και αξιόπιστη μέθοδος αποτύπωσης
- Παρέχει ακριβέστερα προϊόντα από οποιαδήποτε άλλη μεθοδολογία
- Απαιτεί λιγότερη προεπεξεργασία, αλλά και μικρότερο χρόνο εργασίας στο γραφείο
- Συνδυάζει την ακρίβεια της τοπογραφικής αποτύπωσης με την πληρότητα και συνέχεια αποτύπωσης της φωτογραμμετρικής
- Παρέχει μεταβλητή ανάλυση στο έδαφος ανάλογα με την απαιτούμενη ακρίβεια του τελικού προϊόντος
- Παρέχει συνολική αποτύπωση των 3D αντικειμένων χωρίς επιπλέον κόπο ή χρόνο εργασίας

¹³⁵ Georgopoulos and Stathopoulou 2017, 5

- Το κόστος αγοράς εξοπλισμού είναι μεγάλο, ενώ το κόστος της αποτύπωσης μπορεί να είναι ιδιαίτερα χαμηλό λόγω του μειωμένου χρόνου παραμονής των ειδικευμένων επιστημόνων στον τόπο καταγραφής και του περιορισμένου αριθμού εργατοωρών που απαιτούνται για την δημιουργία του συνολικού 3D μοντέλου¹³⁶

Η σάρωση με την μέθοδο του δομημένου φωτός (SLS) προβάλλει κωδικοποιημένα φωτεινά σήματα στην επιφάνεια ενός αντικειμένου, καταγράφοντας την διαδικασία από μία ή περισσότερες οπτικές γωνίες και στη συνέχεια, με βάση την αρχή του τριγωνισμού, σχηματίζει το χάρτη βάθους στηριζόμενη στην αποσχηματοποίηση του μοτίβου στην επιφάνεια του ίδιου αντικειμένου¹³⁷. Χρειάζονται μία ή δύο ψηφιακές μηχανές στηριγμένες σε μία σταθερή βάση ή ένα τρίποδο και ένας προβολέας LCD¹³⁸. Στην φωτομετρική στερεοσκοπική φωτογράφιση γίνεται στην ουσία μία εφαρμογή του Σχήματος - Από-Φωτοσκίαση με τις εικόνες να εμφανίζουν το αντικείμενο από την ίδια γωνία αλλά με διαφορετικές συνθήκες φωτισμού. Η φωτομετρική μέθοδος δύναται να ανακτήσει γρήγορα τον διαφορικό προσανατολισμό της επιφάνειας του αντικειμένου από εικόνες φωτεινότητας (διαβαθμίσεις του γκρι) με τη χρησιμοποίηση πηγών φωτός βαθμονομημένων και μη με την επιλογή να βασίζεται στον αλγόριθμο που χρησιμοποιείται.



Εικόνα 11. Εφαρμογή της τεχνικής Σχήμα- Από-Δομημένο -Φως με την προβολή πάνω στο αντικείμενο ενδιαφέροντος κατά τη συλλογή δεδομένων.

¹³⁶ Παυλίδης κ.α 2014, 58

¹³⁷ Georgopoulos and Stathopoulou 2017, 8

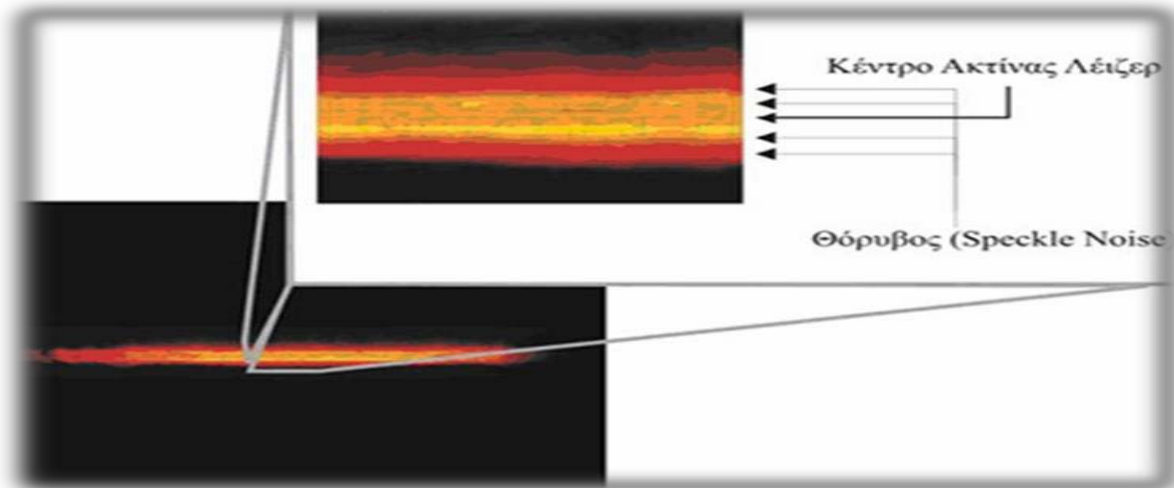
¹³⁸ Georgopoulos and Stathopoulou 2017, 8

Στις παθητικές τεχνικές μπορούν να ενταχθούν και οι γεωδαιτικές τεχνικές απόκτησης δεδομένων που βασίζονται στη χρήση ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών (TotalStation) δίνοντας τη δυνατότητα μετρήσεων μεγάλης ακριβείας, και τη συγκέντρωση μεγάλου αριθμού σημείων σε μεγάλο, όμως, αντίστοιχα, χρονικό διάστημα. Η κυριότερη βέβαια παθητική μέθοδος είναι η φωτογραμμετρική, η οποία και βασίζεται στην εικόνα, με τη δε χρήση ψηφιακών να κυριαρχεί. Ακόμη και σήμερα εξακολουθούν να είναι σε χρήση μετρητικές αναλογικές κάμερες που είχαν βέβαια κατασκευαστεί πριν την καθιέρωση των ψηφιακών μηχανών, κυρίως, για αεροφωτογράφιση και με συγκεκριμένες προδιαγραφές προσαρμοσμένες στο συγκεκριμένο αντικείμενο.

Οι ψηφιακές μηχανές, όμως, έχουν πλέον κυριαρχήσει ουσιαστικά συνεχίζοντας την εξέλιξή τους από τη δεκαετία του '60 όταν και πρωτοεμφανίστηκαν οι ψηφιακοί αισθητήρες βασισμένοι στην ιδιότητα του σιλικονούχου διοξειδίου να παράγει ηλεκτρικό ρεύμα κατά την έκθεσή του στο φως. Δύο δε κατηγορίες απαντώνται στο τύπο των αισθητήρων ανάλογα με τη μέθοδο μετατροπής σε ψηφιακή πληροφορία: οι CCD αισθητήρες (Charge Coupled Device) και οι CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor). Η αντικατάσταση του αναλογικού φιλμ με τους ηλεκτρονικούς αισθητήρες έφερε μία νέα πραγματικότητα όσον αφορά στην εσωτερική γεωμετρία της φωτογραφικής μηχανής εισάγοντας το σχήμα και το μέγεθος του εικονοστοιχείου (Pixel:pictureelement) ως μία νέα παράμετρο και ταυτόχρονα το πρόβλημα της άχρηστης ακτινοβολίας που καταγράφεται, τον επονομαζόμενο «θόρυβο».

Η σύγκριση, όμως, ανάμεσα στις αναλογικές και ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές αποβαίνει ξεκάθαρα υπέρ των δευτέρων, καθώς έχουν λιγότερο κόστος, τόσο κτήσης όσο και λειτουργικό, αλλά και λιγότερο θόρυβο, μεγαλύτερο δυναμικό εύρος και αξιοπιστία, σταθερή γεωμετρία χωρίς να χρειάζεται ιδιαίτερη διαδικασία επεξεργασίας και εμφάνισης των αποτελεσμάτων τα οποία αντιθέτως είναι άμεσα διαθέσιμα. Ως ψηφιακή εικόνα μπορεί να οριστεί η απεικόνιση ενός αντικειμένου σε επίπεδη επιφάνεια χρησιμοποιώντας ένα συγκεκριμένο αριθμό εικονοστοιχείων των οποίων η θέση και απόχρωση σε τόνο του γκρι ή χρώματος είναι γνωστά. Η εικόνα επομένως είναι ένα σύνολο αριθμών και συντεταγμένων (σε αντιδιαστολή με την αναλογική που αποτελεί μία μεμονωμένη επιφάνεια) που μπορούν να αποθηκευτούν και να υποστούν επεξεργασία σε ένα υπολογιστή¹³⁹.

¹³⁹ Georgopoulos and Stathopoulou 2017, 42



Εικόνα 12. Ο θόρυβος στην ακτίνα λέιζερ (ΙΠΕΤ, 2005).

Παρόλο που θα ήταν επιθυμητό, δεν έχει ακόμη διαμορφωθεί ένα γενικό και ολοκληρωμένο, συστηματικό πλαίσιο λειτουργίας με συγκεκριμένες προδιαγραφές, καθώς και τα ήδη υπάρχοντα αδυνατούν να ακολουθήσουν τις γρήγορες τεχνολογικές εξελίξεις. Η έλλειψη δομημένου πλαισίου προκαλεί ασυνεννοησία και προστριβές ανάμεσα στους «παρόχους» και τους «χρήστες» των τεχνολογικών εφαρμογών, ενώ και η συσσωρευμένη γνώση και εμπειρία δεν αξιοποιείται ώστε να διοχετευτεί προς την χάραξη μία γενικότερης κατευθυντήριας γραμμής. Τέτοιου είδους εθνικό σύστημα υπάρχει στη Αγγλία καλύπτοντας τα εκεί μνημεία, ενώ προς ένα αντίστοιχο παγκόσμιο κινούνται διεθνείς οργανισμοί όπως το ICOMOS και η CIPA¹⁴⁰. Καθώς πλέον υπάρχουν τα μέσα και ο τρόπος, σκοπός είναι να δημιουργηθεί ένα ψηφιακό αρχείο πολιτιστικής κληρονομιάς, ξεκινώντας από τα εθνικά κράτη και δημιουργώντας παράλληλα μία παγκόσμια βάση δεδομένων.

4.4 Η φωτογραμμετρία: ιστορία, εξέλιξη, ιδιότητες

Ένας βασικός ορισμός της φωτογραμμετρίας θα μπορούσε να είναι πως είναι η Τέχνη, η Επιστήμη και η Τεχνική που σκοπό έχει την εξαγωγή αξιόπιστης μετρικής πληροφορίας φυσικών αντικειμένων και του περιβάλλοντος μέσω των διαδικασιών της καταγραφής, μέτρησης και ερμηνείας φωτογραφικών εικόνων και άλλων πρότυπων¹⁴¹ ή άλλως «η τέχνη και η επιστήμη της απεικόνισης με σκοπό την παραγωγή τρισδιάστατων μετρήσεων με μεγάλη ακρίβεια, από πολλαπλές

¹⁴⁰ Ioannides et al. 2017, 34

¹⁴¹ Πατιάς 1991

φωτογραφίες»¹⁴² ή σύμφωνα με έναν άλλο ορισμό ως «η τέχνη, η επιστήμη και η τεχνολογία τεκμηρίωσης πληροφοριών αντικειμένων του περιβάλλοντος διαμέσου της διαδικασίας καταγραφής, μέτρησης και ερμηνείας φωτογραφιών, ηλεκτρομαγνητικών πληροφοριών και άλλων φαινομένων»¹⁴³.

Η ιστορία της Φωτογραμμετρίας ξεκινάει δύο δεκαετίες μετά την πρώτη δαγκεροτυπία, το 1839. Η ανακάλυψη της τεχνικής λαμβάνει χώρα στη Γερμανία από τον αρχιτέκτονα Albrecht Meydenbauer, ο οποίος είχε αναλάβει την αποτύπωση του καθεδρικού της πόλης Βέτσλαρ, το Σεπτέμβριο του 1858. Η προσπάθεια αποτύπωσης της πρόσοψης του ναού παραλίγο να αποβεί μοιραία για τον φερέλιδα νεαρό, ο οποίος προβληματίστηκε πάνω σε ένα έμμεσο τρόπο εξαγωγής μετρήσεων με τη χρήση της επαναστατικής ακόμη τεχνολογίας για την εποχή του, της φωτογραφίας. Όμως, οι κοινές φωτογραφικές μηχανές της εποχής δεν ήταν σε θέση να αποδώσουν ορθά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων και για το λόγο αυτό αποφάσισε να κατασκευάσει από την αρχή μια φωτογραφική μηχανή που θα ενσωμάτωνε και μια μετρητική συσκευή ικανή να δώσει πέρα από την εικόνα του αντικειμένου και κάποια γεωμετρική πληροφορία του¹⁴⁴. Το 1867 κατασκεύασε μία συσκευή που αποτελούνταν από ένα ευρυγώνιο φακό (εστιακής απόστασης 25cm) με μέγεθος αρνητικού 30x30cm για να ακολουθήσουν και άλλες αργότερα. Όλες αυτές οι μηχανές, αλλά και τα αρνητικά του Meydenbauer από όλα τα μνημεία του κόσμου, που επισκέφτηκε και φωτογράφησε, υπάρχουν σήμερα στο ίδρυμα Meydenbauer στο Πότσταμ.

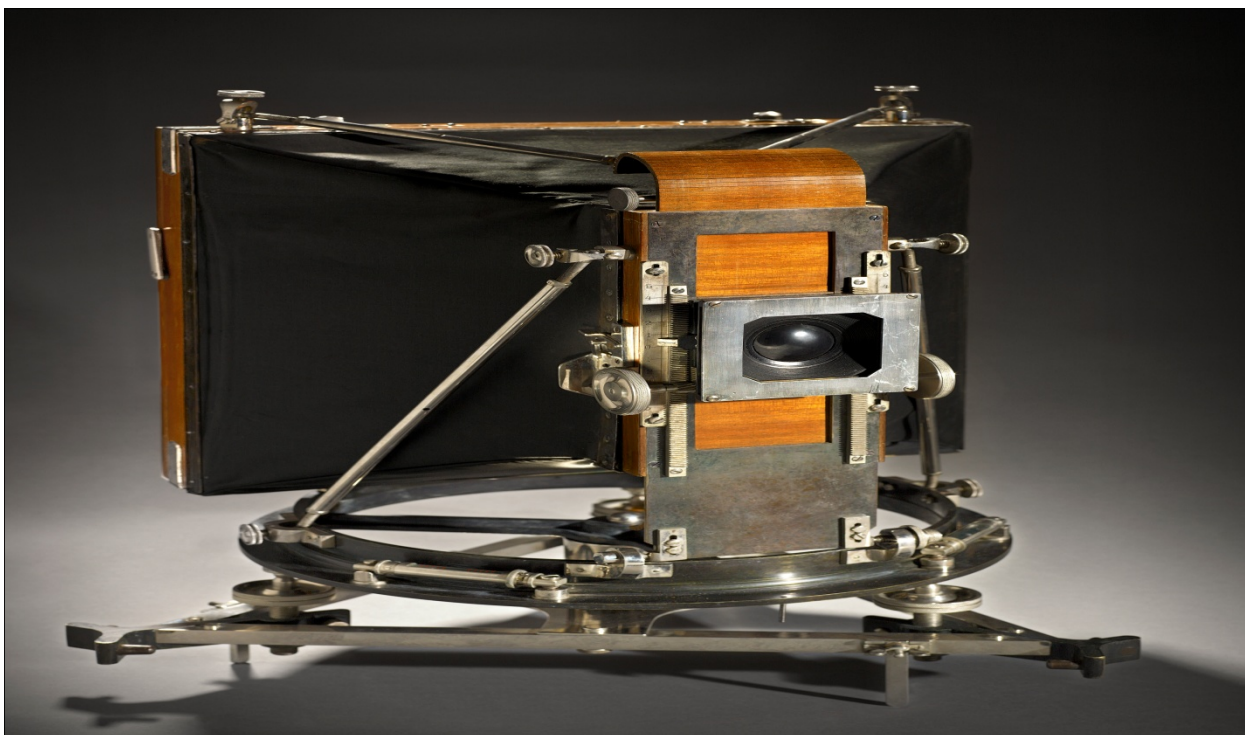
Ο κλασικισμός του 19^{ου} αιώνα επέδρασε για άλλη μία φορά και το όνομα που δόθηκε στη νέα τεχνική αποτελούνταν από τις τρεις ελληνικές λέξεις «Φως – γραμμή – μέτρηση» περιγράφοντας την εξαγωγή μετρητικής πληροφορίας από τις φωτογραφίες λόγω της ιδιότητας που έχει το φως να πορεύεται πάντα σε ευθεία γραμμή. Ο Meydenbauer θέλησε, επίσης, να χρησιμοποιήσει τη νέα τεχνική προκειμένου να δημιουργήσει ένα αρχείο πολιτιστικής κληρονομιάς σε περίπτωση έντονης φθοράς του αρχικού μνημείου-από την αρχή η τεχνική αυτή δημιούργησε τις ίδιες προσδοκίες με σήμερα. Η δραστηριότητα του οδήγησε στην καταγραφή περίπου 2600 μνημείων - κάποια από αυτά και στην Ελλάδα και την Ιταλία - και 80.000 φωτογραφιών, μέρος των οποίων σώζεται και σήμερα στο Πότσταμ¹⁴⁵.

¹⁴² RamiAL-Ruzouq, 2012

¹⁴³ McGlone et al. 2004

¹⁴⁴ Παυλίδης κ.α 2014, 57

¹⁴⁵ Πατιάς, 2009, 71



Εικόνα 13. Μία από τις «φωτομετρικές» μηχανές που κατασκεύασε ο Meydenbauer.

Τα κύρια χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα της φωτογραμμετρίας¹⁴⁶ είναι τα ακόλουθα:

- Η αποτύπωση είναι αντικειμενική
- Ορίζεται σύστημα αναφοράς
- Η ανακατασκευή των γεωμετριών του αντικειμένου, στο χώρο, γίνεται μέσω συνεχούς απόδοσης ή/ και σημειακής
- Υπάρχει δυνατότητα επιστημονικού ελέγχου του αποτελέσματος ως προς την ακρίβεια και αξιοπιστία
- Δεν υπάρχει ανάγκη σχεδίων πεδίου (σκαριφήματα, κροκί)
- Υπάρχει δυνατότητα έμμεσων μετρήσεων
- Μπορεί να αξιοποιηθούν πλήρως οι δυνατότητες της νέας σχεδιαστικής τεχνολογίας (πχ., CAD), αλλά και της ψηφιακής τεχνολογίας ανάλυσης εικόνας (image processing).

¹⁴⁶ Παυλίδης κ.α 2014, 55

Επιπλέον, είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν εύκολα οι νέες ολοκληρωμένες τεχνικές ψηφιακής τεκμηρίωσης (αλφαριθμητικά, γραφικά και εικόνες). Αντιμετωπίζονται άμεσα λεπτομέρειες και πολύπλοκα αρχιτεκτονικά ή δύσκολα προσπελάσιμα στοιχεία

- Στην διαδικασία των φωτογραμμετρικών αποτυπώσεων, ενσωματώνεται εύκολα η λογική της διαχρονικής παρακολούθησης της δυναμικής συμπεριφοράς του αντικειμένου, εφόσον είναι εύκολη, φθηνή και "πληθωρική" η συλλογή δεδομένων
- Γίνεται άμεση ανακατασκευή της στερεομετρίας του αντικειμένου
- Αξιοποιούνται γεωμετρικές ιδιότητες (π.χ. σημεία φυγής, προοπτικής κ.λ.π.), τα οποία διευκολύνουν ή/ και πλουτίζουν τις επεξεργασίες
- Η αλγοριθμική επεξεργασία των δεδομένων είναι δύσκολη
- Υπάρχει ανάγκη για πρόσθετες εργασίες της τοπογραφικής μεθόδου (στις περιπτώσεις χρήσης φωτοσταθερών ή τοποθέτησης του αντικειμένου σε αμοιβαία σχέση με άλλα αντικείμενα)
- Ο εξοπλισμός πεδίου είναι από χαμηλού κόστους μέχρι μέτριου
- Ο απαραίτητος εξοπλισμός για τις επεξεργασίες γραφείου είναι εξειδικευμένος είτε μέτριου είτε υψηλού κόστους

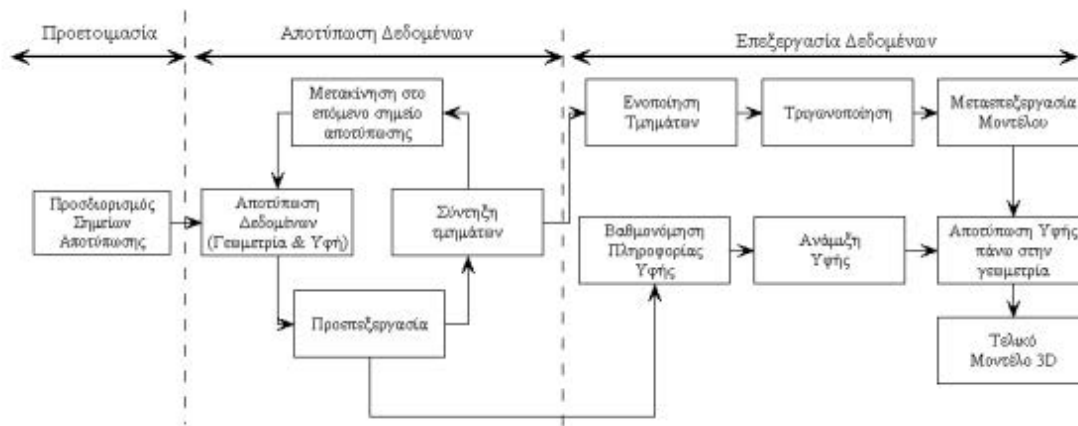
Η έννοια της φωτογραμμετρίας βασίζεται στην ακριβή κατανόηση της φωτογραφικής διαδικασίας, στον τρόπο δηλαδή που οι ακτίνες φωτός (ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία) σχηματίζουν τις εικόνες των αντικειμένων σε κατάλληλες επιφάνειες με τη βοήθεια ειδικά σχεδιασμένων "συσκευών", όπως η φωτογραφική μηχανή ή το ανθρώπινο μάτι. Και τα δύο αυτά έχουν κάτι κοινό ως προς το γεγονός πως εξοπλισμένα με μια μέθοδο ανακατεύθυνσης της διαδρομής των ακτίνων φωτός μέσω ενός ρυθμιζόμενου ανοίγματος (διάφραγμα) και είναι εφοδιασμένοι με φακό (ή φακούς), έτσι ώστε οι ακτίνες φωτός να καθοδηγούνται και να επικεντρώνονται στην επιφάνεια ενός αισθητήρα με έναν «νοήμονα» τρόπο, σχηματίζοντας εν τέλει μια εικόνα. Οι κανόνες που διέπουν αυτή τη διαδικασία δίδονται από το πεδίο της Γεωμετρικής Οπτικής (για τον τρόπο που το φως ταξιδεύει κατευθείαν στο χώρο και αλληλεπιδρά με τα υλικά αντικείμενα μέσω των φαινομένων της αντανάκλασης, της διάθλασης κ.λ.π.) και από το γεωμετρικό μοντέλο της κεντρικής προβολής ως προς το ότιτο φως σχηματίζει μια εικόνα στη συσκευή-αισθητήρα.

Ανάλογα με τον τρόπο του υπολογισμού και τον αριθμό των συντεταγμένων των σημείων των λεπτομερειών διακρίνεται σε μονοσκοπική (μία εικόνα για ένα γεωμετρικά απλό αντικείμενο) και στερεοσκοπική καθώς επίσης και σε εναέρια ή επίγεια. Από το 1858 και έπειτα μετεξελίχθηκε σε επιστήμη της αρχιτεκτονικής φωτογραμμετρίας περνώντας από την αναλογική της φάση για περίπου ένα αιώνα έως το 1957 έχοντας ως κύριο εργαλείο το μηχανικό στερεοαναγωγέα. Η δεύτερη φάση της καταγράφεται ως αναλυτική φωτογραμμετρία και αποτελεί ένα συνδυασμό της χρήσης του στερεοαναγωγέα με την ένταξη στη διαδικασία αυτή και των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Η τελευταία και πιο πρόσφατη φάση είναι αυτή που διανύουμε σήμερα και η οποία ξεκίνησε με τις αρχές του νέου αιώνα. Η ψηφιακή φωτογραμμετρία στην ουσία εξάγει μετρητικές πληροφορίες από εικόνες μέσω των πλέον πρόσφατων τεχνολογιών απεικόνισης. Η γνώση της θέσης τριών τουλάχιστον σημείων στο χώρο και ο εντοπισμός τους σε μία εικόνα δημιουργεί ένα σύστημα με έξι εξισώσεις και έξι αγνώστους που είναι οι παράμετροι του εξωτερικού προσανατολισμού της εικόνας, δηλαδή του προβολικού κέντρου του φακού της μηχανής και των στροφών του άξονα λήψης, ενώ ορίζεται ένα αυθαίρετο σύστημα συντεταγμένων εξαρτώμενο από τα φωτοσταθερά, τα οποία είναι είτε κάποια χαρακτηριστικά σημεία του μνημείου είτε κάποιοι προετοιμασμένοι χάρτινοι στόχοι με σκοπό να ορίσουν περιμετρικά το αντικείμενο ενδιαφέροντος και των οποίων οι συντεταγμένες μετρώνται με ακρίβεια.

Μέσω της τρισδιάστατης φωτογραμμετρικής μεθόδου δίνεται η δυνατότητα (μέσω αλγορίθμων) της αυτόματης εύρεσης αντίστοιχων – ομόλογων σημείων σε κάθε φωτογραφία, της συσχέτισής τους και η επίλυση προβλημάτων διαφορετικής προοπτικής, κλίμακας, με τη συνταύτιση των εικόνων και εν τέλει την αναπαραγωγή της τρισδιάστατης μορφής του εκάστοτε αντικειμένου. Τα μόνα μέσα που χρειάζονται πλέον είναι ένας δυνατός γραφιστικά ηλεκτρονικός υπολογιστής, το απαραίτητο ελεύθερο ή εμπορικό λογισμικό επεξεργασίας των δεδομένων και μία σχετικά απλή ψηφιακή μηχανή. Πλέον δεν απαιτείται, όπως παλαιότερα, υψηλή εξειδίκευση για την εφαρμογή φωτογραμμετρικών αλγορίθμων. Ωστόσο η βαθιά γνώση των φωτογραμμετρικών εξασφαλίζει την ορθότητα και αξιοπιστία των αποτελεσμάτων και αποφεύγονται τα εσφαλμένα αποτελέσματα που εμφανίζονται, δυστυχώς, πολύ συχνά τελευταίως.

4.5 Βασικές Τεχνικές Φωτογραμμετρίας

Η συλλογή των ψηφιακών δεδομένων μέσω της φωτογραμμετρικής μεθόδου γίνεται με αρκετές διαφορετικές τεχνικές εκ των οποίων οι κυριότερες μπορούν να συνοψιστούν στις ακόλουθες:



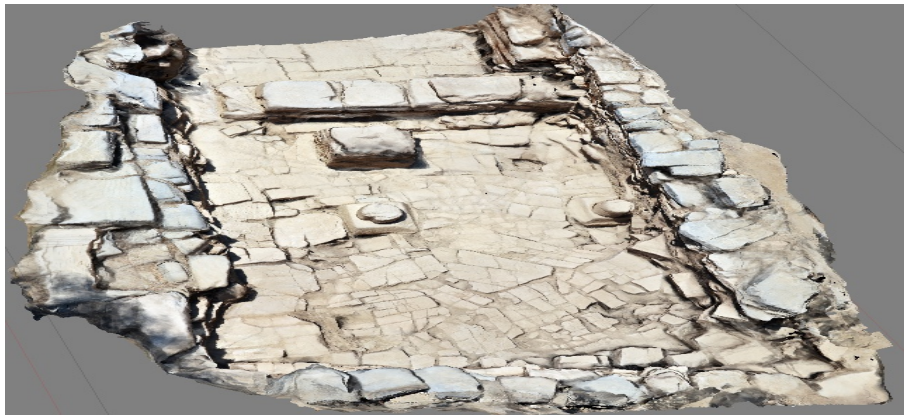
Εικόνα 14. Σχηματική απόδοση της διαδικασίας που απαιτείται για την τρισδιάστατη ψηφιοποίηση ενός αντικειμένου.

Σχήμα από Σιλουέτες: στην τεχνική αυτή, πολλές φωτογραφίες του αντικείμενου - στόχου λαμβάνονται από διάφορες γωνίες παρατήρησης. Οι γεωμετρικές πληροφορίες στη συνέχεια εξάγονται μέσω της σιλουέτας του αντικείμενου. Οι τελευταίες εξελίξεις αυτής της τεχνικής βελτιστοποίησαν τη γεωμετρική της ακρίβεια με την αξιοποίηση δεδομένων υφής. Το κύριο πλεονέκτημα στο Σχήμα από Σιλουέτες είναι η αυτοματοποιημένη διαδικασία ψηφιοποίησης, ενώ το βασικό μειονέκτημα είναι η μέση προς χαμηλή ακρίβεια των γεωμετρικών δεδομένων.

Σχήμα από το Στερεοφωτογράφιση: στην τεχνική αυτή χρησιμοποιείται η αρχή λειτουργίας της στερεοφωτογραμμετρίας και τεχνικές στερεοσκοπίας με στόχο την απόκτηση δεδομένων γεωμετρίας ενός αντικείμενου - στόχου από ένα ζεύγος φωτογραφιών. Στη στερεοφωτογραμμετρία οι 3D συντεταγμένες της επιφάνειας ενός αντικείμενου υπολογίζονται από τουλάχιστον δύο φωτογραφίες που λαμβάνονται από διαφορετικές θέσεις με τη χρήση φωτογραμμετρικού τριγωνισμού. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη στερεοσκοπική φωτογραφική επεξεργασία είναι η φωτογράφιση, έτσι ώστε οι άξονες της κάμερας στις δύο θέσεις λήψης φωτογραφίας να είναι παράλληλοι μεταξύ τους και κάθετοι προς την επιφάνεια του υπό μελέτη αντικείμενου.

Σχήμα από Δομημένο Φως: η αρχή λειτουργίας της συγκεκριμένης μεθόδου είναι απλή. Η ανάκτηση της πληροφορίας βάθους πραγματοποιείται με την προβολή ενός μοτίβου φωτός πάνω σε ένα αντικείμενο, από γνωστή οπτική γωνία. Η Σχήμα-Από-Δομημένο-Φως βασίζεται στην τριγωνοποίηση, όπως και η σάρωση με ακτίνες λέιζερ κοντινών αποστάσεων. Οι δύο μεθοδολογίες έχουν παρεμφερή χαρακτηριστικά, ενώ οι εμπορικές υλικοτεχνικές κατασκευές πολλές φορές ταυτίζονται μεταξύ τους. Εξαιρέση αποτελεί η αντικατάσταση της πηγής λέιζερ από μια συσκευή

προβολής εικόνας. Για την τρισδιάστατη αποτύπωση πραγματοποιούνται προβολές από φωτεινά μοτίβα που περιέχουν πολλαπλές ρίγες, πλέγματα ή ακόμα και ελλείψεις. Σε κάποιες περιπτώσεις συναντούμε και χρωματικά κωδικοποιημένα μοτίβα. Η χρωματική κωδικοποίηση βοηθά τον σαρωτή να ξεχωρίσει ευκολότερα τις μεταβολές που δέχεται το μοτίβο, καθώς προβάλλεται πάνω στην επιφάνεια του αντικειμένου. Η κωδικοποίηση μπορεί να γίνει με ποικίλες μεθόδους. Δημοφιλέστερες είναι η μεταβλητή φωτεινότητα χρωμάτων και η μεταβλητή πυκνότητα των σχημάτων που φέρει ένα μοτίβο. Ο κύριος στόχος της προβολής των κωδικοποιημένων μοτίβων είναι ο εύκολος διαχωρισμός του εικονοστοιχείων. Από τη στιγμή λοιπόν που το μοτίβο είναι κωδικοποιημένο, οι αντιστοιχίες ανάμεσα στις θέσεις των εικονοστοιχείων που αποτυπώνει ο σαρωτής και των αρχικών σημείων του μοτίβου μπορούν να συγκριθούν. Με την σύγκριση υπολογίζονται όλες οι αποκλίσεις στα αντίστοιχα σημεία και μπορεί, με τον έμμεσο αυτό τρόπο, να ανακτηθεί η τρίτη διάσταση¹⁴⁷.



Εικόνα 15. Φωτογραμμετρική αποτύπωση ΥΜΙΑ οικίας από τη Ζόμωνθο Πεθόμου

Σχήμα από Κίνηση -- *Σχήμα από ακολουθία εικόνων*: Η μέθοδος αυτή αποτελεί μια αυτοματοποιημένη παραλλαγή και εξέλιξη του *Σχήμα-Από-Στερεοφωτογράφιση*, κατά την οποία οι δύο φωτογραφικές μηχανές έχουν αντικατασταθεί από μια κινούμενη μηχανή λήψης που καταγράφει το αντικείμενο από διαφορετικές οπτικές γωνίες (ή στη γενική περίπτωση από φωτογραφική μηχανή που λαμβάνει διαδοχικά φωτογραφίες καθώς κινείται μπροστά και γύρω από το αντικείμενο ενδιαφέροντος). Βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή της μεθόδου είναι η απόλυτη ακινησία του αντικειμένου, ενώ θεωρείται δεδομένο ότι δεν υπάρχουν κινητά μέρη πάνω του. Οι αλγόριθμοι που εφαρμόζονται είναι παρόμοιοι με αυτούς της *Σχήμα-Από-Στερεοφωτογράφιση* και είναι ευαίσθητοι στο θόρυβο που παρουσιάζει η ακολουθία εικόνων. Όπως είναι αναμενόμενο και η *Σχήμα-Από-Κίνηση* αντιμετωπίζει το πρόβλημα αντιστοίχισης των

¹⁴⁷ http://www.ipet.gr/digitech2/index.php?option=com_content&task=view&id=62&Itemid=53

κοινών σημείων ανάμεσα στις εικόνες. Όταν οι εικόνες που χρησιμοποιούνται είναι από διαφορετικές οπτικές γωνίες ο υπολογισμός του προσανατολισμού συνεχίζει να είναι μια σχετικά απλή διαδικασία δεδομένου ότι υπάρχει αρκετή πληροφορία αντιστοίχισης. Τις περισσότερες φορές η λύση του προβλήματος αντιστοίχισης σε διαφορετικές οπτικές γωνίες καταλήγει να δίνεται χειροκίνητα. Ένας θεμελιώδης περιορισμός τον οποίο δε δύναται να ξεπεράσει η συγκεκριμένη μέθοδος είναι ότι ο χάρτης βάθους λειτουργεί μόνο για τα σημεία του αντικειμένου, που είναι ορατά στο φωτογραφικό φακό¹⁴⁸. Η τεχνική *Σχήμα-από-Κίνηση* είναι παρόμοια με την τεχνική *Συγκλίνουσας Φωτογραμμετρίας*. Από τη μία μεριά, τα εργαλεία λογισμικού Συγκλίνουσας Φωτογραμμετρίας μπορούν να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα του ορθού προσανατολισμού των φωτογραφιών με τη χρήση κωδικοποιημένων «στόχων» πάνω στα αντικείμενα προς ψηφιοποίηση, ενώ προϋπόθεση για τον υπολογισμό 3D δεδομένων από τις φωτογραφίες είναι η ύπαρξη προσημασμένων σημείων ελέγχου. Από την άλλη μεριά, τα εργαλεία λογισμικού της μεθοδολογίας *Σχήμα-από-Κίνηση* μπορούν να κατασκευάσουν 3D μοντέλα με αυτόματο υπολογισμό του προσανατολισμού, χρησιμοποιώντας μη προσημασμένα σημεία, αν και συνήθως προϋποθέτουν την χειροκίνητη ταξινόμηση της σειράς φωτογραφιών από τον χειριστή¹⁴⁹. Τα δε σύγχρονα λογισμικά μπορούν να λειτουργήσουν και με μη ταξινομημένες ακολουθίες φωτογραφιών¹⁵⁰.



Εικόνα 16. Αποτύπωση στρώματος καταστροφής με τη μέθοδο της φωτογραμμετρίας από YM οικία στην Ανατολή Ιεράπετρας.

¹⁴⁸ http://www.ipet.gr/digitech2/index.php?option=com_content&task=view&id=64&Itemid=53

¹⁴⁹ Τζανάκης Δημήτριος Βασίλειος 2014, 883

¹⁵⁰ Barazzettietal 2010

Τα προϊόντα της φωτογραμμετρικής διαδικασίας συνίστανται στην τρισδιάστατη απεικόνιση του φωτογραφούμενου αντικειμένου και στον ψηφιακό ορθοφωτοχάρτη, ο οποίος είναι ένα φωτογραφικό προϊόν. που αποτελείται από τη συνένωση ορθοφωτογραφιών, οι οποίες έχουν διορθωθεί γεωμετρικά για να εξαλειφθούν οι παραμορφώσεις και οι αποκλίσεις από την ορθή προβολή, οι οποίες οφείλονται στο ανάγλυφο του αντικειμένου και στις στροφές των φωτογραφιών. Καθώς πλέον έχουν ενιαία κλίμακα ονομάζονται ορθοφωτογραφίες, έχοντας δηλαδή ορθή προβολή και όλη την μετρητική πληροφορία των αρχικών εικόνων από τις οποίες προέκυψαν. Οι ορθοφωτογραφίες προκύπτουν από την δημιουργία ενός ψηφιακού μοντέλου και ο τελικός ορθοφωτοχάρτης συνδέεται

5. Η έννοια της ανοικτής προσβασιμότητας

στην εφαρμογή

της αρχαιολογικής επιστήμης

5.1 Το κίνημα της «Ανοικτής Αρχαιολογίας»

Κατά τις δύο τελευταίες δεκαετίες μία σταδιακή επανάσταση λαμβάνει χώρα στο πεδίο της αρχαιολογικής έρευνας και πρακτικής, έχοντας να κάνει με την αρχαιολογική πληροφορία που συγκεντρώνεται από όλες τις αρχαιολογικού ενδιαφέροντος διαδικασίες. Ορμώμενη από τη ραγδαία εξάπλωση του διαδικτύου και προφανώς και από την ίδια την ύπαρξή του, η ιδέα της «Ανοικτής Πρόσβασης» βρίσκει όλο και περισσότερους υποστηρικτές, αλλά και επιχειρήματα. *Ανοικτό* θεωρείται ένα περιεχόμενο ή μία ομάδα δεδομένων όταν κάποιος είναι ελεύθερος να το χρησιμοποιήσει επανειλημμένως και να το αναδιανείμει προς άλλους χρήστες, χωρίς να υπόκειται σε κάποιου είδους περιορισμούς¹⁵¹. Σκοπός της κίνησης αυτής είναι να καθιερωθεί στην καθημερινότητα της αρχαιολογικής πρακτικής η έννοια και η χρήση ανοικτών λογισμικών, ανοικτών δεδομένων, ανοικτών περιεχομένων (φωτογραφίες, σχέδια, βίντεο) και της διαφάνειας με την ευρύτερη απόδοση του όρου. Η ίδια λογική βρίσκεται και πίσω από το κίνημα των «ανοικτών προδιαγραφών» που θα καθορίζουν την ταξινόμηση της αρχαιολογικής πληροφορίας, προκειμένου να διευκολυνθεί ακόμη περισσότερο η διακίνησή της ενώ φυσικά υπάρχει διαφοροποίηση ανάμεσα στην ανοικτή πρόσβαση στην γραπτή και δημοσιευμένη ερμηνεία των αρχαιολογικών δεδομένων από την πρόσβαση στα ίδια τα πρωταρχικά δεδομένα¹⁵². Διάφορες ενστάσεις έχουν δημιουργηθεί σχετικά με το ποιος διαχειρίζεται την ελεύθερη πρόσβαση του αρχαιολογικού υλικού μέσω των κοινωνικών δικτύων και κατά πόσο ο ρόλος του αρχικού παρόχου και δημιουργού του εκάστοτε αρχαιολογικού συνόλου δεδομένων, του ανασκαφέα στην ουσία, θα συνεχίσει να είναι διακριτός και αναγνωρισμένος¹⁵³.

Στα Αγγλικά υπάρχουν δύο διαφορετικοί όροι που αναφέρονται στην ίδια γενικότερη ιδέα, αλλά με διαφορετικό τρόπο. Το «Open Source Archaeology» και το «Open Archaeology»¹⁵⁴. Στα ελληνικά θα μπορούσαν να αποδοθούν ως *Αρχαιολογία με τη χρήση ελεύθερης πρόσβασης λογισμικών* και *Ανοικτής Πρόσβασης Αρχαιολογία*. Ο πρώτος όρος χρησιμοποιείται για να περιγράψει λογισμικά που διακινούνται ελεύθερα ως ανοικτός πληροφορικός κώδικας, γραμμένα σε υψηλού επιπέδου γλώσσα πληροφορικής. Ο τελικός χρήστης έχει τη δυνατότητα-πέρα φυσικά από το να χρησιμοποιήσει το πρόγραμμα- να επέμβει σε αυτό αλλάζοντάς το ακόμη και σε θεμελιώδες επίπεδο. Σαν κάποιος να βάζει την αρχική ιδέα και γνώσεις πάνω σε ένα ζητούμενο, πετώντας το στη θάλασσα του διαδικτύου

¹⁵¹ Απόδοση στα ελληνικά του αγγλικού ορισμού που αναφέρεται στον ιστότοπο www.opendefinition.org

¹⁵² Crotty 2012

¹⁵³ Για την εξέλιξη της συζήτησης πάνω στις ενστάσεις και τους προβληματισμούς πάνω στο θέμα βλέπε Lake 2012

¹⁵⁴ Edwards and Wilson 2015, 2

και αφήνοντάς το να κάνει το δικό του ταξίδι με αποτέλεσμα μερικές φορές η τρέχουσα-γιατί στην ουσία δεν μπορούμε να μιλάμε για τελική- μορφή του να είναι δύσκολα αναγνωρίσιμη από τον αρχικό κατασκευαστή του. Τα προγράμματα αυτά καλούνται στα αγγλικά *FOSS* (FreeandOpen-SourceSoftware). Η Ανοικτή Αρχαιολογία από την άλλη αναφέρεται σε κάτι άλλο, δίνοντας έμφαση στην ελεύθερη πρόσβαση σε δημοσιεύσεις, αλλά και αρχαιολογικά ανασκαφικά δεδομένα τόσο από την ακαδημαϊκή κοινότητα όσο και από το ευρύ κοινό.

Το κίνημα αυτό έχει αρχίσει και επηρεάζει τις εξελίξεις στο επίπεδο διαμόρφωσης της πολιτικής ατζέντας όσον αφορά στο ζήτημα της κρατικής επιχορήγησης σε ερευνητικά προγράμματα τα επιστημονικά αποτελέσματα των οποίων θα πρέπει βρίσκονται σε καθεστώς ελεύθερης πρόσβασης από όλους. Σε αυτή την κατεύθυνση κινούνται τόσο η Ευρωπαϊκή όσο και η Αμερικανική νομοθεσία¹⁵⁵, περνώντας νόμους και τοποθετώντας ρήτρες ελευθερίας πρόσβασης στα προγράμματα που χρηματοδοτούν. Κάποιος που ζητά κρατική χρηματοδότηση έχει πλέον μεγαλύτερες πιθανότητες να την πάρει εφόσον εξασφαλίζει αυτού του είδους την ανοικτή πρόσβαση. Η αίσθηση του ελέγχου από διάφορες πηγές (ακαδημαϊκούς, πολιτικούς ή και απλούς πολίτες) προσφέρει μία αντίληψη διαφάνειας, νομιμοποίησης και εγκυρότητας της ίδιας της διαδικασίας χρηματοδότησης, αναμένοντας σε αντάλλαγμα αξιόπιστα επιστημονικά δεδομένα που κυριολεκτικά θα ανήκουν σε όλους. Όσον αφορά στις ανασκαφές που γίνονται με ιδιωτική χρηματοδότηση - κυρίως από τον κατασκευαστικό κλάδο -, πάλι οι άδειες δίνονται με ρήτρα ανοικτής πρόσβασης στα επιστημονικά δεδομένα τουλάχιστον στην Αγγλία, όπου στον τομέα αυτό εμφανίζεται να βρίσκεται στην πρωτοπορία¹⁵⁶.

Παρόλο που, όπως έχει αναφερθεί πλειστάκις ήδη στο κείμενο αυτό, η βασική επιταγή της νομιμοποίησης των αποτελεσμάτων ενός πειράματος είναι η επανάληψή του από άλλους ανεξάρτητους ερευνητές, τούτο δεν φαινόταν να ισχύει στη αρχαιολογική επιστήμη, καθώς στο μεγαλύτερο ποσοστό δεν μιλάγαμε μόνο για κλειστά σύνολα ευρημάτων - η ειρωνεία είναι πως η ορολογία αυτή αρχαιολογικά σημαίνει προστατευμένα από εξωτερικές παρεισφρήσεις σύνολα, ευλογία για κάθε αρχαιολόγο - αλλά για δυσκολία πρόσβασης ακόμη και στην ερμηνεία των αρχαιολογικών ευρημάτων. Πλέον, δειλά δειλά και με προοδευτικά αυξανόμενο ρυθμό εμφανίζονται σε ελεύθερη διαδικτυακή πρόσβαση πρωταρχικά αρχαιολογικά δεδομένα από διάφορες ανασκαφές παγκοσμίως με την ελπίδα αυτό να γίνει καθιερωμένη αρχαιολογική πρακτική. Πλατφόρμες συγκέντρωσης τέτοιων δεδομένων αποτελούν τα UK Archaeology Data Service, Open Context,

¹⁵⁵ Lake 2012, 3

¹⁵⁶ Costa et al. 2013

Open Access και Digital Archaeological Record οι οποίες και ενθαρρύνουν την περαιτέρω διάδοση των δεδομένων που φιλοξενούν. Μεγάλη απήχηση από σκληρές όσο και ελαφριές επιστήμες – για να δανειστούμε τον παρωχημένο διαχωρισμό του Storer - έχει και η πλατφόρμα OpenData, όπου και ανεβαίνει πλήθος επιστημονικών δεδομένων, αρκετά μεγάλου όγκου¹⁵⁷. Απαραίτητη προϋπόθεση φυσικά είναι η ψηφιακή μορφή των δεδομένων, κάτι που για την αρχαιολογική επιστήμη του 21^{ου} αιώνα δεν αποτελεί πρόβλημα.

Η θεώρηση και η κριτική της χρησιμότητας, των πρακτικών αλλά και της επιστημοσύνης των αποτελεσμάτων και των μοντέλων των ανθρωπιστικών και κοινωνικών επιστημών κάτω από ένα τεχνοκρατικό πρίσμα είναι ένα σημείο των καιρών, το οποίο μάλιστα εντάθηκε από την πρόσφατη οικονομική δυσχέρεια σε παγκόσμιο επίπεδο. Η πραγματικότητα που περιέγραφε ο Χάνσον για τις κλασικιστικές σπουδές δεν έχει ακόμη αλλάξει¹⁵⁸. Έχουν, όμως, αλλάξει οι κοινωνικοπολιτικές συνθήκες, όπως και οι απαιτήσεις και η συμμετοχικότητα του ευρέως κοινού στην έρευνα, με πρωτοβουλίες, όπως η Επιστήμη του Πολίτη¹⁵⁹ (Citizen Science) να κερδίζουν έδαφος και να χαράσσουν το πνεύμα των καιρών. Η μόνη ελπίδα για την αρχαιολογία ώστε να συνεχίσει ομαλά την πορεία της στον αιώνα της ψηφιοποίησης είναι να ακολουθήσει αυτό ακριβώς το πνεύμα.

5.2 Η χρήση των λογισμικών FOSS

Είναι ξεκάθαρο πλέον πως η αρχαιολογική έρευνα έχει ήδη μετασηματιστεί, βασιζόμενη όλο και περισσότερο σε υπολογιστικές μεθόδους και λογισμικά. Τούτο παράλληλα σημαίνει και ένα επιπλέον κόστος σε σχέση με την προηγούμενη κατάσταση ενώ παράλληλα νέοι όροι εισέρχονται στην επιστημονική διαδικασία όπως αυτός του «μαύρου κουτιού»¹⁶⁰. Μία εναλλακτική πρόταση σε αυτή την πραγματικότητα είναι η χρήση των λογισμικών FOSS τόσο από άποψη κόστους αλλά και επιστημονικής μεθοδολογίας. Εντάσσονται επίσης στο πνεύμα της εποχής, με βάση τα όσα αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

¹⁵⁷ Ο.Πανάγιος

¹⁵⁸ Hanson καιHeath, 1999

¹⁵⁹ Haklay 2011. Οι πολίτες συμμετέχουν στην επιστημονική έρευνα πχ. τραβώντας φωτογραφίες από ένα αρχαιολογικό χώρο και ανεβάζοντάς τις σε αντίστοιχες βάσεις δεδομένων για τη μοντελοποίησή τους στην οποία μπορούν να συμμετέχουν και οι ίδιοι, καλύπτοντας εργασίες που δεν χρειάζονται ιδιαίτερη εξειδίκευση και δημιουργώντας έτσι μαζικά επιστημονικά προγράμματα.

¹⁶⁰ Morinetal. 2012. Με τον όρο αυτό χαρακτηρίζεται η χρήση μηχανών ή λογισμικών στην ερευνητική διαδικασία, όπου ο ερευνητής γνωρίζει τα δεδομένα που εισέρχονται και εξέρχονται αλλά δεν γνωρίζει τη διαδικασία μετασηματισμού τους.

Η μεγάλη επανάσταση-ίσως η μεγαλύτερη στην ιστορία της ανθρωπότητας μέχρι την επόμενη- είναι η παγκόσμια διασύνδεση μέσω του ίντερνετ. Όλη αυτή η διαδικασία διαπνέεται από έναν έντονα δημόσιο και δημοκρατικό χαρακτήρα, καθώς κανένα κράτος και καμία εταιρεία δεν ελέγχει αποκλειστικά την τεχνολογία που κρύβεται πίσω από όλο αυτό. Στην ψηφιακή κοινωνία, λοιπόν, υπάρχει έντονο το στοιχείο της δημοκρατικότητας, της διαφάνειας και της ανοικτής πρόσβασης, και όλα αυτά με μηδενικό κόστος, καθώς τα βασικά εργαλεία είναι παντού και είναι δωρεάν. Λογικές και πρακτικές που υπάρχουν στον απτό, φυσικό κόσμο χάνουν το νόημα τους στον ψηφιακό, ειδικά όταν πρόκειται για περιορισμούς σε ένα κόσμο που είναι εξ ορισμού απεριόριστος. Ο τομέας της έρευνας είναι επίσης εξ ορισμού δημοκρατικός και ελεύθερος οπότε σε ένα συνδυασμό και των δύο, η δημιουργία και χρησιμοποίηση προγραμμάτων FOSS έρχεται φυσιολογικά, αποκτώντας μεγαλύτερη δημοφιλία και στον αρχαιολογικό χώρο¹⁶¹.

Τα λογισμικά FOSS - και αυτή είναι η μεγάλη παρανόηση - δεν είναι απλά δωρεάν λογισμικά. Είναι ελεύθερα λογισμικά, με την έννοια πως ο καθένας μπορεί να επέμβει στον πυρήνα τους και να τα παραλλάξει, να τα μετατρέψει, να τα χρησιμοποιήσει ή και να τα μοιραστεί¹⁶². Παρόλα αυτά λίγα στοιχεία υπάρχουν αναφορικά με τη χρήση και διάδοσή τους στο τομέα της αρχαιολογίας. Ενδιαφέρον πάνω σε αυτό παρουσιάζουν τα αποτελέσματα έρευνας που πραγματοποιήθηκε στους κύκλους των Αυστραλών αρχαιολόγων σχετικά με τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών στην εφαρμογή της επιστήμης τους. Πάνω στην ερώτηση *αν προτιμούν εμπορικά ή ανοικτά λογισμικά*, το 45% επέλεξε ως απάντηση το «*δε με νοιάζει*». Περίπου το ίδιο ποσοστό (42%) εξέφρασε επιθυμία για την ύπαρξη ανοικτών λογισμικών με ένα 13% να ζητά εμπορικά λογισμικά¹⁶³. Η ίδια γενικότερη εικόνα δίδεται και για την γενικότερη σχέση με τα λογισμικά και τα προγράμματα που κατά κύριο λόγο χρησιμοποιεί η πλειονότητα των αρχαιολόγων και τα οποία είναι κατά κύριο λόγο απλά¹⁶⁴.

¹⁶¹ Pescarin 2009

¹⁶² Ducke 2012

¹⁶³ Ross et al.2015, 115

¹⁶⁴ Sobotkova 2013, 5

| RATE YOUR DIGITAL COMPETENCE | | CHARACTERIZE YOUR DIGITAL SKILLS | |
|------------------------------|-------|---|--------|
| Below Average | 6.3% | I can competently use basic office software | 19.0% |
| Average | 45.6% | I can use more complex software (database and GIS software) | 50.6% |
| Above Average | 36.7% | I can build databases | 17.7% |
| Excellent - Expert | 11.4% | I can do basic scripting | 7.6% |
| | | I am a programmer | 5.1% |
| | 100% | | 100.0% |

Table 1 Digital skills and competence

Εικόνα 17. Πίνακας σχετικά με τις ικανότητες των αρχαιολόγων στο κομμάτι της χρήσης προγραμμάτων πληροφορικής (Sobotkova 2013).

Με βάση τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων αυτών οι αρχαιολόγοι γενικότερα δεν φαίνονται εξοικειωμένοι με τη χρήση πιο απαιτητικών προγραμμάτων, επισημαίνοντας μάλιστα πως το να εισάγουν δεδομένα σε ένα ελεύθερο λογισμικό ισοδυναμεί με το γενικό διαμοιρασμό τους σε όλους τους χρήστες του λογισμικού αυτού. Η έλλειψη εξοικείωσης ίσως προέρχεται από το γεγονός πως, παρά τη γενίκευση της χρήσης των υπολογιστών σε όλα τα επίπεδα της αρχαιολογικής έρευνας, ο σχεδιασμός προγραμμάτων αποκλειστικά για αρχαιολογική χρήση είναι μικρός με αποτέλεσμα ο ψηφιακός αναλφαβητισμός στην αρχαιολογία να παραμένει σε υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με άλλες ανθρωπιστικές και κοινωνικές επιστήμες. Μολαταύτα, νέες εφαρμογές κάνουν την εμφάνισή τους βελτιώνοντας την κατάσταση όπως μία έκδοση του Linux με προεγκατεστημένες εφαρμογές για αρχαιολόγους και διαδικτυακές εφαρμογές όπως τα MySQL, Heurist, tDAR¹⁶⁵.

Σε βασικούς τομείς της αρχαιολογικής έρευνας όπως τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, τη δημιουργία βάσεων δεδομένων και τη στατιστική ανάλυσή τους, τα εναλλακτικά ελεύθερα προγράμματα δεν έχουν να ζηλέψουν τίποτα σε προδιαγραφές από τα αντίστοιχα εμπορικά. Αν πάλι δεν υπάρχει κάποιο βασικό χαρακτηριστικό, πολύ εύκολα το ελεύθερο πρόγραμμα μετατρέπεται με βάση τις ανάγκες των χρηστών, καθώς οι ίδιοι είναι που το διαμορφώνουν έχοντας όλα τα απαραίτητα δεδομένα στη διάθεσή τους, χωρίς κρυφά κομμάτια κώδικα. Τα εργαλεία, η γνώση και η υποστήριξη είναι όλα εκεί¹⁶⁶. Η βασική δυσκολία ενσωμάτωσής τους στην αρχαιολογική

¹⁶⁵ Ross et al. 2015, 115

¹⁶⁶ Ducke 2015, 92

καθημερινότητα έγκειται τόσο στο θέμα της συνήθειας χρήσης εμπορικών λογισμικών όσο και στην έλλειψη ικανοποιητικής αντίληψης του συνδυασμού των πραγματικών δυνατοτήτων των προγραμμάτων αυτών και του τεχνολογικού και κοινωνικού κεφαλαίου που συγκεντρώνεται στο χώρο δημιουργίας ελεύθερων λογισμικών. Δεν τίθεται θέμα πνευματικής ιδιοκτησίας αλλά κάποιες φορές υπάρχουν περιορισμοί όσον αφορά τη χρήση τους για ακαδημαϊκούς και μη εμπορικούς σκοπούς καθώς διαφορετικά τίθεται θέμα χρηματικής αποζημίωσης. Επομένως και αυτά αποτελούν ένα είδος εμπορικού λογισμικού με ένα σωστότερο διαχωρισμό να ορίζει δύο κατηγορίες σε ανοικτής και κλειστής πρόσβασης εμπορικά προγράμματα¹⁶⁷. Τα ελεύθερης πρόσβασης λογισμικά δεν δημιουργούνται από «επαναστάτες» του χώρου ή ενθουσιώδεις φοιτητές, αλλά από επαγγελματίες υψηλού επιπέδου που είτε πληρώνονται γι αυτό είτε έχουν άλλες σκοπιμότητες¹⁶⁸.

Κάθε λογισμικό επομένως έχει συγκεκριμένες ανάγκες τόσο για να δημιουργηθεί όσο και για να συνεχίσει να υπάρχει για μακρό χρονικό διάστημα (το GRASSGIS βρίσκεται στο προσκήνιο για τρεις δεκαετίες ήδη). Μία αναδρομή στα πρακτικά των συναντήσεων CAA περασμένων ετών θα δείξει πολλά ελεύθερα λογισμικά, που, ενώ ξεκίνησαν δυναμικά, κάπου στην πορεία εξόκειλαν. Για να επιτύχει λοιπόν ένα λογισμικό αυτού του είδους χρειάζεται συνεχής προσπάθεια σε εντατικό βαθμό από διάφορες πηγές. Συγκεκριμένα για το χώρο της ψηφιακής αρχαιολογίας το μεγάλο κόστος συνίσταται στην πληρωμή αδειών για το δικαίωμα χρήσης εμπορικών λογισμικών τύπου CAD ή GIS, το οποίο μπορεί να ανέλθει σε δεκάδες χιλιάδες ευρώ. Τα περισσότερα εμπορικά προγράμματα είναι προσαρμοσμένα πάνω στις απαιτήσεις κάποιου συγκεκριμένου μεγάλου πελάτη έχοντας περισσότερο τη μορφή υπηρεσίας παρά προϊόντος. Παράλληλα, αποτελούν μόνο ένα τμήμα της διαθέσιμης τεχνολογίας που σταδιακά πωλείται στον ίδιο πελάτη ώστε να συνεχίσει να υπάρχει αντικείμενο. Η ιδέα του να πουλάς αντίγραφα ενός λογισμικού εξελίχθηκε στο να πουλάς απλά την άδεια χρήσης του¹⁶⁹, βάζοντας κάπου εδώ στο παιχνίδι τα ελεύθερα λογισμικά. Αν κάποιος αρχαιολόγος δεν εργάζεται σε κάποιο πανεπιστήμιο ή ακαδημαϊκό ίδρυμα ώστε να καλύπτεται από τη δική τους άδεια τότε υπάρχει πρόβλημα. Η μόνη εναλλακτική που υπάρχει για όσους εργάζονται για το δημόσιο τομέα, μόνοι τους ως ερευνητές ή σε σωστικές ανασκαφές είναι ακριβώς η χρήση ελεύθερης πρόσβασης λογισμικών. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι χρηματοδότησης των FOSS αν και ίσως το μεγαλύτερο κίνητρο είναι το ίδιο με αυτό που βρίσκεται πίσω από μία επιστημονική δημοσίευση. Αναγνώριση ανάμεσα στους κύκλους των ομοίων σου.

¹⁶⁷ Ducke 2015, 95

¹⁶⁸ Klemens 2006, 96

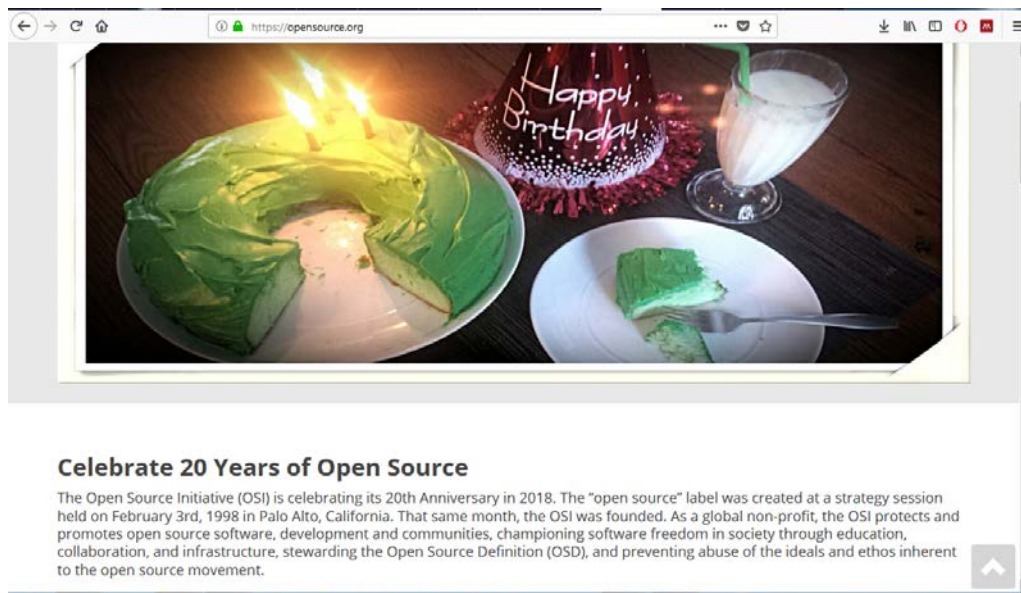
¹⁶⁹ Ducke 2012, 97

5.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των FOSS

Το βασικό πλεονέκτημα των ελεύθερων σε σχέση με τα εμπορικά λογισμικά είναι το γεγονός πως είναι δωρεάν και κατ'επέκταση προσβάσιμα σε πολύ μεγαλύτερο κοινό. Λειτουργούν με όλα τα λειτουργικά συστήματα, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις είναι συμβατά ακόμη και με τους εμπορικούς «ανταγωνιστές τους». Το επίπεδο αξιοπιστίας τους είναι αρκετά υψηλό, καθώς οι ίδιοι προγραμματιστές που απασχολούνται στο σχεδιασμό των εμπορικών, δραστηριοποιούνται και στα ελεύθερα λογισμικά. Την πορεία τους παρακολουθούν ίσως και εκατοντάδες άτομα που ασχολούνται με το πρόγραμμα, λύνοντας άμεσα κάθε δυσχέρεια που μπορεί να παρουσιαστεί. Ο χρήστης είναι ευέλικτος να χρησιμοποιήσει όσα και όποια προγράμματα του είναι αναγκαία, συνδυάζοντας μάλιστα τη χρήση τους χωρίς να είναι εγκλωβισμένος σε συμφωνίες πνευματικών δικαιωμάτων ή υπηρεσιών που δεν του είναι πραγματικά αναγκαίες.

Υπό ακαδημαϊκή σκοπιά, όμως, το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των FOSS είναι αυτή ακριβώς η διαφάνειά τους που επιτρέπει να εντάσσονται στο κέντρο της ερευνητικής διαδικασίας. Η δημοσίευση και η ελεύθερη ανταλλαγή γνώσεων και αγαθών αποτελούν τη θεμέλιο λίθο πάνω στην οποία βασίζεται η επιστημονική πρόοδος. Τα εμπορικά λογισμικά κρατούν κρυφό ένα κομμάτι της διαδικασίας μετασχηματισμού των δεδομένων με αποτέλεσμα να αποτρέπουν τους ερευνητές από το να κατανοήσουν κάθε βήμα της επιστημονικής αυτής διαδικασίας ενώ ταυτόχρονα τους στερούν το βασικό στοιχείο επιστημονικής εγκυρότητας, την αναπαραγωγή δηλαδή κάθε βήματος της επιστημονικής μεθόδου που οδήγησε στην παραγωγή κάποιας επιστημονικής γνώσης¹⁷⁰. Η δε πρόσβαση σε αυτά είναι εξαιρετικά εύκολη με βάσεις δεδομένων να φιλοξενούν εκατοντάδες χιλιάδες από ελεύθερα προγράμματα κάθε είδους.

¹⁷⁰ Ducke 2012, 6



Εικόνα 18. Βάση δεδομένων για λογισμικά ελεύθερης πρόσβασης.

Αν θα έπρεπε να αναφέρουμε κάποια μειονεκτήματα των ελεύθερης πρόσβασης λογισμικών, ο βαθμός στον οποίο ο χρήστης είναι ευάλωτος σε κακόβουλα λογισμικά και ιούς, είναι ένα από αυτά. Ο καθένας μπορεί να επέμβει και να αλλάξει τον κώδικα προγραμματισμού στα λογισμικά αυτά, όχι πάντα με καλό σκοπό. Το ίδιο πρόβλημα μπορεί να αναφερθεί και στα εμπορικά λογισμικά, σίγουρα όμως, σε πολύ μικρότερο βαθμό. Οι περιορισμένοι οικονομικοί πόροι είναι εμφανείς στην επιφάνεια εργασίας των λογισμικών αυτών, καθώς αυτή διατηρείται σε βασικό επίπεδο με το ενδιαφέρον και τα υλικά μέσα να έχουν διοχετευθεί στην ίδια τη λειτουργία του προγράμματος. Οι νέοι χρήστες χρειάζεται να εξοικειωθούν με τις λειτουργίες του προγράμματος - κυρίως μέσω βίντεο - με αποτέλεσμα να αγνοούν ίσως τις πλήρεις δυνατότητές του. Αν και στα εμπορικά προγράμματα υπάρχει πάντα διαθέσιμη μία γραμμή υποστήριξης για οποιοδήποτε πρόβλημα δημιουργηθεί, στα ελεύθερης πρόσβασης η λύση βρίσκεται σε διαδικτυακούς τόπους συζήτησης αντίστοιχων θεμάτων με όσες δυσκολίες αυτό συνεπάγεται, καθώς δεν πρόκειται για ενημέρωση από κάποιο επίσημο φορέα.

Μία πτυχή τέλος που αξίζει να αναφερθεί είναι το οικονομικό σκέλος των FOSS και το κομμάτι της αγοράς που καταλαμβάνουν. Οι οικονομικοί αναλυτές τα αντιμετωπίζουν ως μια αγορά που έχει λαμπρό μέλλον και παράλληλα επικερδές παρόν(η αξία της Red Hat κυμαίνεται στις μέρες μας στα 20 δις.\$). Τα χρήματα αντλούνται με διάφορους τρόπους, οι κυριότεροι εκ των οποίων είναι η πώληση υπηρεσιών πάνω στο ίδιο το προϊόν κατά το πρότυπο των εμπορικών προγραμμάτων. Όλο

και μεγαλύτερες εταιρίες εμπιστεύονται τα FOSS στηριζόμενες πάνω τους για τις επαγγελματικές τους ανάγκες έχοντας τη διάθεση να πληρώσουν για αναβαθμισμένες υπηρεσίες όσον αφορά στην ασφάλεια, στην εξυπηρέτηση πάνω σε προβλήματα λογισμικού ή ακόμη και σε στατιστικές αναλύσεις που μπορούν να αξιοποιηθούν εμπορικά. Σε κάποιες άλλες περιπτώσεις προϊόν εμπορευματοποίησης είναι και η παροχή άδειας για περαιτέρω εξέλιξη και εφαρμογή της αρχικής εκδοχής ενός ανοικτής πρόσβασης λογισμικού ενώ σε μία βασική πηγή εισοδήματος θα μπορούσε να εξελιχθεί η βάση εκατομμυρίων χρηστών που έχουν εγγραφεί σε ένα FOSS. Αν και δεν αποτελούν επιχειρηματικό μοντέλο τα ίδια, τα λογισμικά αυτά τείνουν να εξελιχθούν σε μελλοντικό κυρίαρχο της αγοράς¹⁷¹.

¹⁷¹ Τα περισσότερα στοιχεία για την οικονομική πτυχή των FOSS αντλήθηκαν από τις ακόλουθες ιστοσελίδες:
<https://techcrunch.com/2016/02/09/the-money-in-open-source-software>
https://en.wikipedia.org/wiki/Business_models_for_open-source_software
<http://suitpossum.blogspot.gr/2013/11/building-creative-commons-five-pillars.html>

**6. Η εφαρμογή της τεχνολογίας
των τρισδιάστατων γραφικών
στο χώρο
της αρχαιολογίας**

6.1 Μία σύντομη αναδρομή

Η χρήση της τεχνολογίας των τρισδιάστατων γραφικών σε διάφορους τομείς της αρχαιολογικής επιστήμης έχει γνωρίσει ραγδαία άνοδο κατά τις τρεις τελευταίες δεκαετίες¹⁷². Η εισαγωγή των LIDAR (Light Detection And Ranging) έδωσε τη δυνατότητα της αυτόματης σάρωσης μεγάλων τμημάτων αντικειμένων ή πεδίων ενδιαφέροντος με βάση τις αρχές της τεχνικής της *Μέτρησης Χρόνου*. Παράλληλα, η απόκτηση τρισδιάστατων δεδομένων με βάση την εικόνα έγινε ακόμη απλούστερη με την προσθήκη των τεχνικών αυτόματης βαθμονόμησης και του *Σχήματος-Από-Κίνηση* (SFM), η οποία παράγει μετρήσιμα μοντέλα από φωτογραφίες με εξαιρετική αποτελεσματικότητα και ακρίβεια¹⁷³. Αυτό είναι εφικτό λόγω της ύπαρξης νέων αλγορίθμων που προσανατολίζουν αυτόματα τις φωτογραφίες - ακόμη και χωρίς τη βοήθεια φωτοσταθερών -, ενώ παράλληλα, υπολογίζονται άμεσα και οι παράμετροι που έχουν να κάνουν με τη φωτογραφική μηχανή¹⁷⁴.

Η έννοια της τεχνητής πραγματικότητας (artificial reality) πρωτοεμφανίστηκε στη διδακτορική διατριβή του Myron Krueger¹⁷⁵ ως ένα υποκατάστατο του πραγματικού κόσμου, έχοντας ως χαρακτηριστικά γνωρίσματα την πραγματοποίησή της μέσα στο περιβάλλον ενός υπολογιστή, αλλά και την αλληλεπίδραση με τον χρήστη.

Η παραγωγή μοντέλων σε τρεις διαστάσεις με απώτερο σκοπό την αρχαιολογική ερμηνεία¹⁷⁶ είχε αναφερθεί ήδη από τον J.D.Wilcock στο πρώτο συνέδριο CAA το 1973¹⁷⁷, με την πρόβλεψή του αυτή να γίνεται πράξη το 1989 με την παραγωγή του τρισδιάστατου μοντέλου της εκκλησίας Furness Abbey, από το πανεπιστήμιο του Λάνκαστερ¹⁷⁸.

¹⁷² Pavlidis et al. 2007

¹⁷³ Για περισσότερα στοιχεία πάνω στη χρήση του SFM σε ανασκαφές βλ. Lopez et al. 2016 και DeReu et al. 2014 με πλούσια βιβλιογραφία.

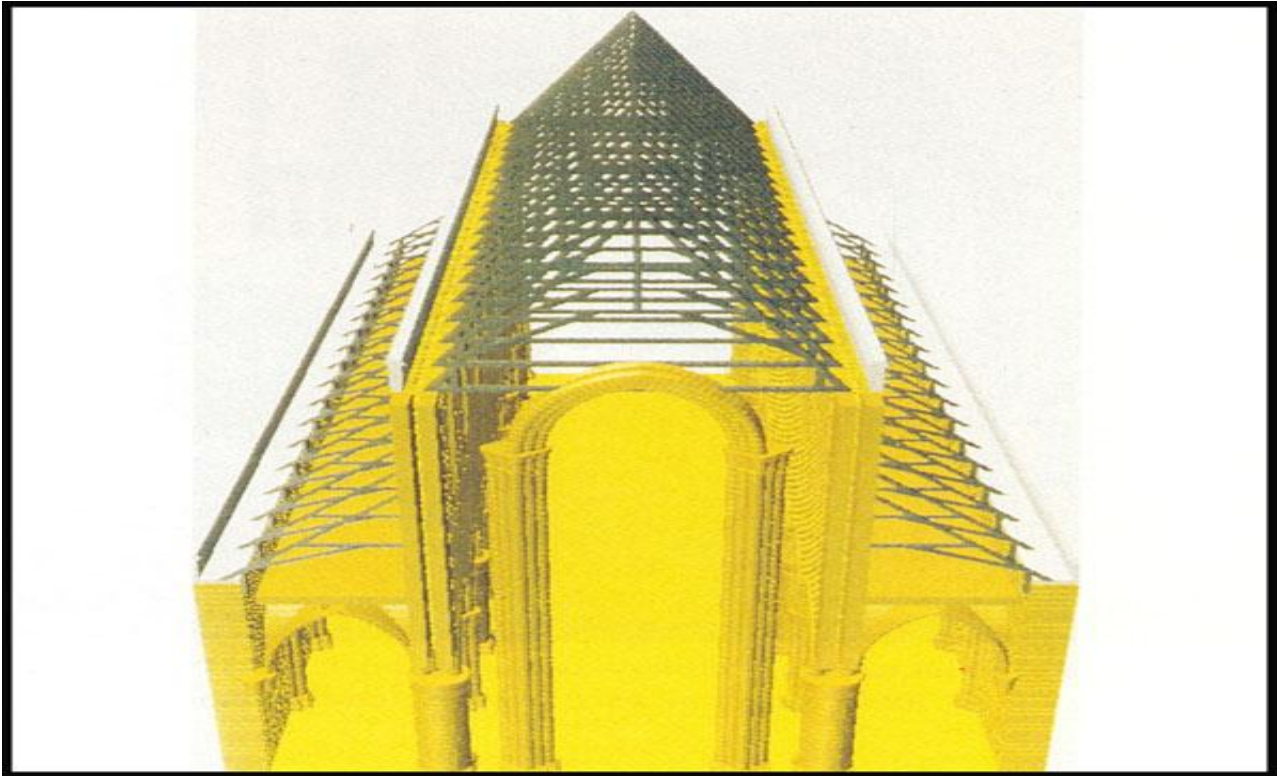
¹⁷⁴ DeReu et al. 2013 και Koutsoudis et al. 2014, 73

¹⁷⁵ Krueger 1983

¹⁷⁶ Για μία εκτεταμένη περιγραφή της ιστορίας της εικονικής πραγματικότητας στην αρχαιολογία βλ. Frischer et al. 2002

¹⁷⁷ Wilcock 1973, 20

¹⁷⁸ Arnold et al. 1989



Εικόνα 19. Το τρισδιάστατο μοντέλο της εκκλησίας *Furness Abbey*

Ο πρώτος εισηγητής του όρου «εικονική αρχαιολογία»¹⁷⁹ ήταν ο Paul Reilly και η ομάδα του το 1990, που προσπάθησε να ορίσει εκ νέου την αρχαιολογική καταγραφή με την εισαγωγή της ιατρικής τεχνολογίας της εποχής και την παραγωγή μοντέλων, κάνοντας μία πρώτη αναφορά στις γνώσεις που μπορούν να προσφέρουν στους αρχαιολόγους.

Για τη δημιουργία των μοντέλων αυτών, χρησιμοποιούνται δεδομένα που προέρχονται από διαφορετικές πηγές, όπως τα πραγματικά κατάλοιπα του ίδιου του μνημείου, τοποθετημένα στην αρχική τους θέση, μετρητικά δεδομένα από πιθανές μελέτες του παρελθόντος, όπως και τυχόν σχέδια ή και γκραβούρες που παραπέμπουν στο μνημείο ή αντικείμενο ενδιαφέροντος. Γραπτές ή προφορικές περιγραφές δύνανται να αποτελέσουν συμπλήρωμα όπως και αρχιτεκτονικά ή άλλου είδους παράλληλα ως πρότυπο για πιθανές συμπληρώσεις στοιχείων που λείπουν¹⁸⁰.

¹⁷⁹ Reilly 1990, 133

¹⁸⁰ De Fuentes et al. 2010

6.2 Η οπτικοποίηση των αρχαιολογικών δεδομένων ως ερμηνευτικό εργαλείο

Σύμφωνα με τη διαδικαστική αρχαιολογική προσέγγιση και θεώρηση, οι υπολογιστές δεν θεωρούνται απλά εργαλεία μετατροπής των δεδομένων, αλλά παίζουν αποφασιστικό ρόλο στην ερμηνευτική διαδικασία, η οποία βασίζεται στην αντικειμενική παρατήρηση και στην αυστηρή καταγραφή όλων των διαθέσιμων αρχαιολογικών δεδομένων. Με τις νέες διαθέσιμες τεχνολογίες, έχουμε περάσει από την εποχή των αναλογικών οπτικών μέσων σε αυτή της τρισδιάστατης διαχείρισης και απεικόνισης της αρχαιολογικής πληροφορίας. Οτιδήποτε έχει σχήμα καταλαμβάνει έναν χώρο και μπορεί να αποδοθεί σε τρεις διαστάσεις, ενώ η δισδιάστατη απεικόνισή του δημιουργεί το θέμα της «συμπύκνωσης» των διαστάσεων, μην αποδίδοντας ικανοποιητικά την πολυπλοκότητα του ανασκαφικού συνόλου¹⁸¹.

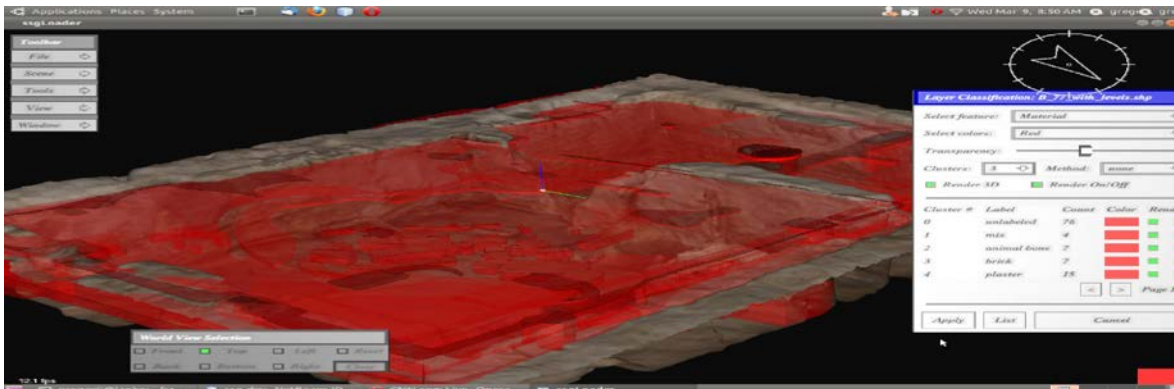
Για την αρχαιολογία, η τεχνολογία αυτή προσθέτει ακόμη μία παράμετρο στην εφαρμογή της. Το κάθε ανασκαφικό στρώμα, πρέπει να αφαιρεθεί ώστε να έρθει στο προσκήνιο το επόμενο θέτοντας ίσως νέα δεδομένα αρχαιολογικής φύσεως όσον αφορά τον ορίζοντα χρήσης, κατοίκησης ή και εγκατάλειψης. Η ανασκαφή του μπορεί να διεξαχθεί μόνο μία φορά χωρίς τη δυνατότητα επιστροφής στο πραγματικό στρώμα, το οποίο πλέον έχει μεταβληθεί σε αρχαιολογικά δεδομένα είτε σε μορφή γραπτού κειμένου είτε σε μορφή σχεδίων ή φωτογραφιών. Η επόμενη πρόκληση για την αρχαιολογική έρευνα είναι η καταγραφή της όλης ανασκαφικής διαδικασίας με τη χρήση σαρωτών laser, φωτογραμμετρικών μεθόδων και η τρισδιάστατη απεικόνιση των ανασκαφικών στρωμάτων και ομάδων, με σκοπό να την καταστήσει αναστρέψιμη και επαναλήψιμη σε ένα εικονικό περιβάλλον¹⁸². Με αυτό τον τρόπο θα μπορεί να ανασυντεθεί η στρωματογραφική ακολουθία, απεικονίζοντας τα στρώματα και τα ευρήματα σε αυτά, κάνοντας πιο απλή και κατανοητή την ερμηνεία και ταύτισή τους. Η οπτική αντίληψη των αρχαιολογικών δεδομένων και ο χωρικός τους προσδιορισμός τίθεται σε νέα βάση αν δοθεί η δυνατότητα παρατήρησης από όλες τις απόψεις και οπτικές. Είναι ακριβώς η ίδια λογική της νέας οπτικής που βρίσκει εφαρμογή και στη φωτογραφική αποτύπωση αρχαιολογικών χώρων από αέρος.

Πρωτοποριακή πάνω σε αυτού του είδους τη χρήση της νέας τεχνολογίας είναι η δουλειά που γίνεται στο CatalHoyuk με το πρόγραμμα 3D-Digging να εφαρμόζεται με σκοπό τη δοκιμή διαφορετικών ανασκαφικών ψηφιακών πρωτοκόλλων και τεχνολογιών προκειμένου να δημιουργηθεί

¹⁸¹ Tufte 1990, 15

¹⁸² Forte et al.2012,352, Núñez et al., 2013

μία συγκεκριμένη τυποποιημένη διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας ψηφιακών δεδομένων σε αντίστοιχα λογισμικά και βάσεις δεδομένων¹⁸³. Κατάφεραν να εντάξουν τη συλλογή και επεξεργασία τρισδιάστατων δεδομένων, με γρήγορο και αποτελεσματικό τρόπο, στην ανασκαφική καθημερινότητα έχοντας εξαιρετικά αποτελέσματα αναφορικά με την ακρίβεια των αποτελεσμάτων και τα επιστημονικά χρονοδιαγράμματα, χωρίς παράλληλα να επιβαρυνθεί πολύ ο προϋπολογισμός του έργου.



Εικόνα 20. Τρισδιάστατη απεικόνιση κτιρίου με διαφανή αποτύπωση της στρωματογραφίας (Κτίριο 77, Catal Hoyuk)

Στον γενικότερο όρο τρισδιάστατες απεικονίσεις μπορούν να ενταχθούν δύο γενικότερες κατηγορίες, τα γραφικά υπολογιστών (computer graphics) και η εικονική πραγματικότητα, η «αναπαράσταση τοποθεσιών με αρχαιολογικό και ιστορικό ενδιαφέρον, αντικειμένων και τοπίων του παρελθόντος με τη βοήθεια υπολογιστή και προγραμμάτων τρισδιάστατων γραφικών». Η διαφορά της πρώτης με τη δεύτερη κατηγορία έγκειται στο βαθμό διάδρασης που εντάσσεται στην εικονική πραγματικότητα. Ο χρήστης εντάσσεται σε ένα τεχνητό τρισδιάστατο κόσμο μέσω απτικών γαντιών, ενώ χρησιμοποιούνται, επίσης, τρισδιάστατα ποντίκια και στερεοσκοπικά γυαλιά. Οι θεμελιώδεις έννοιες στον κόσμο της εικονικής πραγματικότητας είναι η εμπύθιση (immersion), η αλληλεπίδραση (interaction) και η πλοήγηση (navigation)¹⁸⁴.

Χαράσσοντας λοιπόν γραμμές και καμπύλες και ενώνοντας επιφάνειες μεταξύ συντεταγμένων, δημιουργείται ένα γεωμετρικό ομοίωμα σχήματος, το οποίο σε αντίθεση με τη φωτογραφία δεν είναι απλώς μία καταγραφή, αλλά ένας σκόπιμος μετασχηματισμός του πραγματικού κόσμου σε ένα

¹⁸³ Forte et al. 2015

¹⁸⁴ Κουρτζέλλης 2008, 88. Το «Cave» του Ιδρύματος Μείζονος Ελληνισμού αποτελεί ένα τέτοιο περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας.

αντίγραφο του, το οποίο αν τεθεί σε μία θεωρητική βάση πάνω σε αρχαιολογικά πρότυπα, παύει να είναι μία καθαρά εικονογραφικού περιεχομένου εφαρμογή τους¹⁸⁵. Η τρισδιάστατη, όμως, απεικόνιση στο χώρο της αρχαιολογίας απέχει αρκετά από το αποκτήσει μία συγκεκριμένη μεθοδολογία και θεωρητικό υπόβαθρο¹⁸⁶.

Σχεδόν εξ ορισμού η κατάσταση στην οποία βρίσκονται τα αρχαιολογικά σύνολα όταν αποκαλύπτονται είναι αποσπασματική, γεγονός που ισχύει ιδιαίτερα για τα αρχιτεκτονικά κατάλοιπα. Οι αρχαιολόγοι καλούνται να τα αποκαταστήσουν και να τα συντηρήσουν με τη βοήθεια σχεδιαστών και συντηρητών και παράλληλα να ολοκληρώσουν την επιστημονική τεκμηρίωσή τους καταφεύγοντας σε γραπτές πηγές και εικονογραφικά παράλληλα. Η ψηφιακή οπτικοποίηση σημαίνει την αποτύπωση αυτού που ήδη υπάρχει στην κατάσταση στην οποία βρέθηκε. Η ψηφιακή, όμως, ανακατασκευή και αναπαράσταση, η συμπλήρωση δηλαδή των τμημάτων που λείπουν ανοίγει διάπλατα το δρόμο για τον χωρίς επιστημονικό κόστος πειραματισμό-με βάση τα θετικιστικά πρότυπα- εξετάζοντας την καλύτερη λύση σε ένα δεδομένο πρόβλημα. Για πρώτη φορά οι αρχαιολόγοι έχουν στα χέρια τους ένα «μαγικό» εργαλείο απτής ανασύνθεσης του παρελθόντος, βλέποντας να παίρνουν σχήμα και υφή οι θεωρίες¹⁸⁷, που αποτυπώνονταν μέχρι τώρα είτε με λέξεις είτε σε δισδιάστατα σχέδια.

Στην αρχαιολογία, όπως και σε κάθε άλλη επιστήμη, η οπτική αναπαράσταση αποτελεί βασικό στοιχείο στην παραγωγή γνώσης και στο επιστημονικό κύρος της¹⁸⁸. Οι εικόνες διατηρούν ένα συγκριτικό πλεονέκτημα σε σχέση με τα επιχειρήματα ακριβώς γιατί δημιουργούν την εντύπωση της ουδετερότητας και αντικειμενικότητας αν και μάλλον στην πραγματικότητα συμβαίνει το αντίθετο¹⁸⁹. Μέσω του τονισμού συγκεκριμένων τμημάτων ή λεπτομερειών ενός αντικειμένου οι οπτικές αναπαραστάσεις έχουν τη δυνατότητα να ενισχύσουν συγκεκριμένες θεωρίες και να παραγκωνίσουν άλλες. Σε γενικές γραμμές, όμως, τα εποπτικά μέσα «μιλούν» με το δικό τους τρόπο, προκαλώντας κατεστημένες αρχαιολογικές θεωρίες από τη μία και παράγοντας νέα γνώση από την άλλη, θέτοντας επίσης σε νέες βάσεις το ζήτημα της επικοινωνίας και της πρόσληψης της επιστημονικής γνώσης από το εξειδικευμένο και μη κοινό. Τούτο έγινε σαφές με τη διαδικαστική

¹⁸⁵ Ευαγγελίδης 2002, 245

¹⁸⁶ Forte et al. 2012, 355

¹⁸⁷ Για την εξερεύνηση μέσω τρισδιάστατων εικονικών αναπαραστάσεων της διάταξης των μορφών στο ανατολικό αέτωμα του ναού του Διός στην Ολυμπία βλέπε Patay-Horvath 2011

¹⁸⁸ VanDyke 2006, 370

¹⁸⁹ Latour 1986, 2

αρχαιολογία, που χρησιμοποίησε τις αναπαραστάσεις ως εργαλείο απόδοσης γνώσης¹⁹⁰. Με την ίδια σειρά που ένα ανασκαφικό στρώμα μετατρέπεται σε αρχαιολογικά δεδομένα, έτσι και αυτά με τη σειρά τους επαναδημιουργούν το αρχαιολογικό στρώμα στην ψηφιακή μορφή του.

Τα τρισδιάστατα μοντέλα λειτουργούν και ως ερμηνευτικό εργαλείο, πλήρως εντασσόμενα μάλιστα στην ανακλαστική ερμηνευτική της μεταδιαδικαστικής προσέγγισης¹⁹¹ και αποτελούν, σύμφωνα με έναν από τους ιδρυτές του κινήματος της Νέας Αρχαιολογίας, την απλούστευση μίας πιο σύνθετης πραγματικότητας με σκοπό την ευκολότερη ερμηνεία της¹⁹². Σε πολλές ανασκαφές έχουν ενταχθεί και χρησιμοποιούνται ως μέρος της καθημερινότητας της ανασκαφικής πρακτικής¹⁹³. Καταφέρνουν να δημιουργήσουν τρισδιάστατους χάρτες της ανασκαφικής θέσης με εντυπωσιακό βαθμό ακρίβειας, καταγράφοντας, επίσης, επακριβώς τις όποιες ενέργειες λαμβάνουν χώρα στην ανασκαφή. Οι χωρικοί συσχετισμοί ανάμεσα στα ανασκαφικά ευρήματα δημιουργούν νέες ερμηνευτικές προϋποθέσεις, αυξάνοντας την κατανόησή μας για τις πολύπλοκες και πολλαπλές λεπτομέρειες, που χαρακτηρίζουν μία αρχαιολογική θέση. Τα ευρήματα μίας ανασκαφής γεωαναφέρονται όχι μόνο σε τοπικό, αλλά σε παγκόσμιο επίπεδο με τη διαφάνεια ανάμεσα στα αρχαιολογικά στρώματα να δημιουργεί νέα επίπεδα κατανόησης.

6.3 Η χρησιμοποίηση της τρισδιάστατης απεικόνισης στο αρχαιολογικό έργο

Η εφαρμογή της τρισδιάστατης τεχνολογίας στην αρχαιολογική επιστήμη, ανοίγει δρόμους που, όχι πολλά χρόνια πριν, θα χαρακτηρίζονταν ως επιστημονική φαντασία. Οι αρχαιολόγοι μπορούν πλέον να ανατρέχουν στο ψηφιακό αντίγραφο της ανασκαφής τους, δημιουργώντας τα ερμηνευτικά σχήματά τους υπό άλλες - πιο ευνοϊκές - προϋποθέσεις¹⁹⁴. Μπορούν να στείλουν ψηφιακά ή και να εκτυπώσουν τα κινητά ευρήματα μίας ανασκαφής - και όχι μόνο - εξετάζοντάς τα με ευκολία από όλες τις πλευρές - κυριολεκτικά και μεταφορικά - και παίρνοντας μετρήσεις¹⁹⁵, που πολύ εύκολα μπορούν να συσχετιστούν με το πάτημα ενός κουμπιού σε βάσεις δεδομένων¹⁹⁶. Διαδικασία που από μόνη της αποσπούσε πάντα πολύτιμο χρόνο από τους αρχαιολόγους, χωρίς μάλιστα να εξαντλεί ποτέ όλα τα παραδείγματα. Πέρα από τα ερευνητικά πλεονεκτήματα, η τεχνολογία αυτή ανοίγει νέους

¹⁹⁰ Για μία πρώτη κριτική πάνω στην επιστημονικότητα των αναπαραστάσεων βλ. Piggot 1965 και πιο πρόσφατα Russell και Cochrane 2014, Perry 2015

¹⁹¹ Lercari 2017

¹⁹² Lock 2002, 23

¹⁹³ Dell'Unto et al. 2017 και Lercari 2017

¹⁹⁴ Katz και Tokovinine 2017, 1

¹⁹⁵ De Reu et al. 2014

¹⁹⁶ Koutsoudis και Chamzas, 2011

ορίζοντες και όσον αφορά στην επικοινωνία των αποτελεσμάτων της αρχαιολογικής έρευνας στο ευρύ και μη ακαδημαϊκό κοινό. Συνήθως αυτό αποτελούσε το τελευταίο ίσως ενδιαφέρον της προηγούμενης γενιάς αρχαιολόγων που είχαν αφήσει το ρόλο αυτό στα μουσεία όπου και θα εκτίθονταν τα πιο εντυπωσιακά ευρήματα μίας ανασκαφής και μάλιστα πολλά χρόνια μετά την αρχική αποκάλυψή τους στο ανασκαφικό περιβάλλον.

Στις μέρες μας, όλο και περισσότερες αρχαιολογικές αποστολές κλείνουν την ανασκαφική περίοδο με μία διάλεξη που απευθύνεται στην τοπική κοινωνία που φιλοξενεί το εγχείρημα αυτό - μικρά χωριά σε αρκετές περιπτώσεις. Δίνεται πλέον η δυνατότητα οι απλοί πολίτες να αγγίζουν τα αντίγραφα των αντικειμένων - από τα πιο καθημερινά μέχρι τα πιο εξεζητημένα - ερχόμενοι σε πραγματική επαφή μαζί τους, αλλά και με το αρχαιολογικό έργο που γίνεται στα μάτια τους πιο ανθρώπινο, μακριά από την αποστείρωση και την τυπολατρία προηγούμενων εποχών. Αν σκοπός είναι η επικοινωνία της αρχαιολογικής γνώσης στην κοινωνία των πολιτών - με τοπική αλλά και ευρύτερη έννοια - τότε η τρισδιάστατη αποτύπωση χαράσσει καινούριες ατραπούς στον τομέα αυτό.

Όπως κάθε τεχνολογία, ειδικά στην αρχή της εφαρμογής της, μαζί με τα πλεονεκτήματα μπορούν να εντοπιστούν και κάποιες κριτικές σκέψεις. Η διαδικασία συλλογής των ψηφιακών δεδομένων, αλλά και της επεξεργασίας και διαχείρισής τους, είναι ακόμη αρκετά χρονοβόρα σε σχέση με τις πιο παραδοσιακές μεθόδους καταγραφής, καθώς ο όγκος των δεδομένων είναι διαφορετικός. Μία κατεύθυνση της έρευνας είναι η προσαρμογή μεθόδων χαμηλού κόστους, μεγάλης ακρίβειας και σε σύντομο χρονικό διάστημα¹⁹⁷. Ο σκοπός είναι η όλη διαδικασία να ακολουθεί τον ανασκαφικό ρυθμό χωρίς να επιβραδύνει παράλληλα και τις μετα-ανασκαφικές εργασίες. Η ανασκαφή του CatalHoyuk έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο στον τομέα αυτό - όπως προαναφέρθηκε -, ενώ και η ανασκαφή στο Kämpinge έχει ενσωματώσει και αυτοματοποιήσει σε μεγάλο βαθμό τη διαδικασία αυτή¹⁹⁸.

Τούτο βέβαια σημαίνει την ανάγκη για ύπαρξη εξειδικευμένου επιστημονικού προσωπικού που θα συνεργάζεται στενά με τους αρχαιολόγους, θα αντιλαμβάνεται τις ανάγκες και θα προσαρμόζει τις γνώσεις του πάνω στο αρχαιολογικό αντικείμενο. Πολλές φορές το τελικό αποτέλεσμα δεν ικανοποιεί τον τελικό χρήστη που είναι ο αρχαιολόγος καθώς δεν κατανοεί ακριβώς τις δυνατότητες αλλά και τους περιορισμούς της τεχνολογίας ενώ και οι τεχνικοί με τη

¹⁹⁷ De Reu et al, 2013

¹⁹⁸ Dell'Unto et al. 2017

σειρά τους δεν έχουν πάντα την ευελιξία προσαρμογής¹⁹⁹. Η δημιουργία όλο και περισσότερων κοινών μεταπτυχιακών προγραμμάτων για αρχαιολόγους, αλλά και θετικούς επιστήμονες, αναφορικά με την εφαρμογή των νέων τεχνολογιών, βοηθά τους μεν να κατανοήσουν τους δε, αποκτώντας μία κοινή γλώσσα. Συνδυάζοντας τις ικανότητες τους, θα φτάσουν σε ένα κοινά αποδεκτό και επιθυμητό αποτέλεσμα.

Το κόστος του εξοπλισμού είναι επίσης ένα ζήτημα, καθώς αρκετές ανασκαφές λειτουργούν με περιορισμένο προϋπολογισμό. Τα μηχανήματα που χρειάζονται, ειδικά αν πρόκειται για σαρωτές λέιζερ, είναι αρκετά κοστοβόρα, ενώ και η λύση της συνολικής αποτύπωσης στο τέλος από εξωτερικούς συνεργάτες - πέρα από τα επιστημονικά μειονεκτήματα - δεν είναι χωρίς αμελητέο κόστος. Βέβαια, το πρόβλημα αυτό τείνει να εξαλειφθεί σε μεγάλο βαθμό με την ανάπτυξη των μηχανημάτων και των τεχνικών επεξεργασίας σε σημείο που ένας κατάλληλα εκπαιδευμένος αρχαιολόγος με μία όχι ιδιαίτερα ακριβή κάμερα και βασιζόμενος σε σχετικά οικονομικό λογισμικό, μπορεί να εξασφαλίσει ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα σε ένα πρώτο επίπεδο τρισδιάστατης καταγραφής.

Ενστάσεις όμως διατυπώνονται και για το ίδιο το αποτέλεσμα της αρχαιολογικής αναπαράστασης. Στην ουσία δεν μπορεί να αποδώσει επακριβώς ένα αρχαιολογικό μνημείο λ.χ. που πλέον έχει χαθεί, αλλά απλά μία πρόταση που κρίνεται για την επιστημονικότητά της από τους αντίστοιχους ειδικούς, καθώς σε αντίθετη περίπτωση στερείται επιστημονικού κύρους και το όποιο προϊόν κρίνεται μόνο με αισθητικά κριτήρια και δεν απευθύνεται στην ακαδημαϊκή κοινότητα. Με τον όρο «μη ρεαλιστική κανονικότητα»²⁰⁰ χαρακτηρίζεται η τακτική της επικόλλησης σε ένα μοντέλο των ομοειδών αρχιτεκτονικών μελών, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα διαφορετικά τεχνικά χαρακτηριστικά του και οι διαφορές που απαντώνται στο ίδιο κτίριο ανά περιόδους. Διαχωρισμός γίνεται, επίσης, ανάμεσα και στις έννοιες της πραγματικότητας και της αληθοφάνειας με την πρώτη να αναφέρεται στην απόδοση των σωζόμενων στοιχείων ενός μνημείου και τη δεύτερη στην υποθετική συμπλήρωσή τους, όταν και πρέπει να υπάρχει αναλυτική αναφορά των πηγών επιστημονικής τεκμηρίωσης του μοντέλου²⁰¹, με σαφή αναφορά των υποκειμενικών συμπληρώσεων ή επιλογών. Αυτό που χρειάζεται είναι μία θεωρητική μεθοδολογία που θα καθοδηγεί και θα διευκολύνει τους

¹⁹⁹ Tsiafakis και Michailidou 2014

²⁰⁰ Κουρτζέλλης 2008

²⁰¹ Ο. π.

επαγγελματίες του χώρου, στα πρότυπα της Χάρτας του Λονδίνου, αλλά πιο αναλυτική ώστε να καταφέρει να καλύψει όλα τα απαραίτητα βήματα που χρειάζονται για τη δημιουργία ενός επιστημονικά αποδεκτού τρισδιάστατου μοντέλου²⁰². Διεθνείς οργανισμοί όπως οι «Virtual Reality Cultural Organization» και «Virtual Archaeology Special Interest Group» κινούνται προς την κατεύθυνση αυτή σε συνεργασία με φορείς όπως το «Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology» και «Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage». Ως άλλο ένα βήμα δε προς την ίδια κατεύθυνση, το 2010 ιδρύθηκε η εφημερίδα «Virtual Archaeology Review».

²⁰² Watterson 2015, 127

**7. Τρισδιάστατη αποτύπωση
με τη χρήση ανοικτής πρόσβασης λογισμικών:
η βόρεια πλευρά
του Ιερού Κουβουκλίου²⁰³
του Πανάγιου Τάφου**

²⁰³ Οι παλαιότερες ελληνικές πηγές το αναφέρουν ως «Μαρτύριον», «Ανάστασιν», «Ναό του Κυριακού Τάφου» και «Ναό του Αγίου Τάφου», ενώ στους ευρωπαίους, και ευρύτερα στη διεθνή κοινότητα, είναι γνωστός ως «Holy Sepulchre».

7.1 Το Ιερό Κουβούκλιο του Πανάγιου Τάφου και η σύγχρονη αποκατάστασή του

Το Ιερό Κουβούκλιο²⁰⁴ βρίσκεται δυτικά του Καθολικού του Ναού της Αναστάσεως, καταλαμβάνοντας το κεντρικό τμήμα της Ροτόντας του Ναού της Αναστάσεως και καλύπτει τον Πανάγιο Τάφο. Αν και ο αρχικός τάφος του Χριστού θα ήταν απλώς λαξευμένος σε βράχο κατά τη συνήθεια της εποχής, η ανακάλυψή του από την Αγία Ελένη οδήγησε σε μία πρώτη διαμόρφωση του χώρου χωρίς, όμως, αρχικά να περικλειστεί μέσα σε ένα οικοδόμημα. Τούτη η τελευταία άποψη φαίνεται να έρχεται πάντως σε αντίθεση με όσα καταμαρτυρεί η Αιθερία, αλλά και άλλες πηγές, που κάνουν λόγο για μνημείο με οκταγωνική επίστεψη. Με τις ιδιοτυπίες και την ασυμμετρία που παρουσιάζει, και με τον εσωτερικό του χώρο να αποτελείται από πολλά και σχεδόν αυτόνομα προσκυνήματα, ο Ναός απεικονίζει τη δράση και το έργο των διαφόρων κατακτητών, των καταστροφών, των επισκευαστών του, αλλά και των ποικίλων χριστιανικών ομολογιών, πλην της κυρίαρχης ελληνορθόδοξης Αγιοταφίτικης Αδελφότητας, που κατά καιρούς κατείχαν ή συνεχίζουν να κατέχουν τμήματα του.

Πριν την αραβική καταστροφή του το 1009 μ.Χ.. από τον Αλ-Χακήμ, σύμφωνα πάντα με τις μαρτυρίες προσκυνητών, επιβεβαιώνεται πως ο Πανάγιος Τάφος ήταν λαξευμένος σε βράχο, με το χώρο τριγύρω του να έχει ισοπεδωθεί ώστε να δημιουργηθεί ένα πλάτωμα, το οποίο και περικλείστηκε με κυκλωτερή περίβολο, ενώ ο ίδιος ο Τάφος στεγάστηκε σε κιβώριο υποβασταζόμενο από κιονίσκους. Η ανακαίνιση του Ναού έλαβε χώρα από τον Κωνσταντίνο Θ' τον Μονομάχο (1042-1048 μ. Χ.). Ο Πανάγιος Τάφος έλαβε τη μορφή επιμήκους μαυσωλείου, το οποίο και επεκτεινόταν προς τα δυτικά με τη μορφή πολυγωνικού ημικυκλίου και περιβαλλόταν από κιονίσκους, προσκολλημένους στους κλειστούς τοίχους. Μία νέα καταστροφή από πυρκαγιά το 1808, οδήγησε στην εκ νέου κατασκευή του το 1810, όπως μαρτυρείται σε περιγραφή της προσόψεως του και στην επένδυσή του με τοπικό ερυθρόλευκο λίθο.

Η είσοδος στο Ιερό Κουβούκλιο βρίσκεται στην ανατολική του πλευρά και πάνω από αυτή εικονίζεται ανάγλυφο, με αργυρεπίχρυση επένδυση, το θέμα της Αναστάσεως του Χριστού. Η δε πρόσοψή του κοσμείται από τέσσερις μονολιθικούς κιονίσκους που επιστέφονται με κορινθιακά κιονόκρανα. Το Ιερό Κουβούκλιο επιστέφεται άνωθεν από διακοσμητικό στηθαίο με μικρούς πεσσούς και κιονίσκους και στην κλείδα του απεικονίζεται ανάγλυφος οφθαλμός, η βάση του

²⁰⁴ Τα στοιχεία για την αρχιτεκτονική περιγραφή του Ι.Κουβουκλίου αντλήθηκαν κυρίως από την αντίστοιχη επίσημη σελίδα του Πατριαρχείου Ιεροσολύμων: <http://www.jerusalem-patriarchate.info/main/page/ιερο-κουβουκλιο>

οποίου κοσμείται με ανθέμιο. Το στηθαίο εδράζεται με τη σειρά του σε στεφάνη, όπου και καταλήγουν τα κιονόκρανα των ψευδοπεσσών της ορθομαρμάρωσης. Όλο το οικοδόμημα επιστέφεται από μολύβδινο τρούλο, διπλής καμπυλότητας, υποβασταζόμενο από νέο στηθαίο με κιονίσκους και πεσσούς. Συνεχής επιγραφή μέσα σε απλά ορθογώνια πλαίσια διατρέχει τις τρεις πλευρές του μνημείου ενώ στην πρόσοψή του εντοπίζονται άλλες δύο.

Το εσωτερικό του Ι. Κουβουκλίου διαιρείται σε δύο τμήματα, στον προθάλαμο, ο οποίος καλείται Άγιος Λίθος ή Παρεκκλήσι του Αγγέλου και στον κυρίως νεκρικό θάλαμο, τον Πανάγιο Τάφο. Ο προθάλαμος φέρει ορθομαρμάρωση και δάπεδο που καλύπτεται με πολύχρωμα μαρμαροθετήματα. Ο ίδιος ο Πανάγιος Τάφος απαρτίζεται από ένα ορθογώνιο θάλαμο λαξευμένο στο βράχο και καλυπτόμενο με ορθομαρμάρωση. Ο Πανάγιος Τάφος βρίσκεται στη βόρεια πλευρά και καλύπτεται από δύο πλάκες λευκού μαρμάρου.



Εικόνα 21. Η βόρεια πλευρά του Ιερού Κουβουκλίου του Παναγίου Τάφου στο εσωτερικό του Ναού της Αναστάσεως στα Ιεροσόλυμα.

Η Αποκατάσταση του Ιερού Κουβουκλίου του Πανάγιου Τάφου αποτελεί ένα εμβληματικό έργο το οποίο και ανέλαβε το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο²⁰⁵, εβδομήντα χρόνια μετά την τελευταία επέμβαση σε αυτό από βρετανούς επιστήμονες. Πριν την έναρξη των εργασιών νερά έσταζαν από τον τρούλο, αλλά και υπόγεια, δημιουργώντας πρόβλημα στατικότητας στο Ναό της Αναστάσεως. Το έργο έφερε σε πέρας διεπιστημονική ομάδα με επικεφαλής την κ. Α. Μοροπούλου και τη συμμετοχή των καθηγητών Α. Γεωργόπουλου, Μ. Κορρέ και Κ. Σπυράκου. Στόχος είναι «η αρχιτεκτονική τεκμηρίωση της μορφής, δομής των δομικών βλαβών, η τεκμηρίωση και ο χαρακτηρισμός δομικών υλικών και η διάγνωση της φθοράς και της παθολογίας, τα Δυναμικά Χαρακτηριστικά του Ιερού Κουβουκλίου του Πανάγιου Τάφου και η Αποτίμηση Υφιστάμενης Κατάστασης Έναντι Στατικών και Σεισμικών Φορτίων του Ιερού Κουβούκλιου του Πανάγιου Τάφου στον Πανίερο Ναό της Αναστάσεως στα Ιεροσόλυμα». Πλησίον του Ιερού Κουβουκλίου στήθηκαν εργαστήριο υλικών και επεμβάσεων συντήρησης, και διεπιστημονικό εργαστήριο του προγράμματος του ΕΜΠ πλήρως εξοπλισμένο για τις παραπάνω δράσεις καθώς και για την εκπαίδευση τεχνικού και επιστημονικού προσωπικού.

Για τις ανάγκες του έργου και την επιτυχημένη ολοκλήρωσή του, αποφασίστηκε η δημιουργία τρισδιάστατου μοντέλου υψηλής ανάλυσης και η εκτέλεση συγκεκριμένων μετρήσεων ακριβείας ώστε και να διαπιστωθεί η έκταση των παραμορφώσεων και αποκλίσεων της εικόνας του σήμερα από την αρχική κατασκευή, αλλά και παράλληλα να αποδοθεί στο Πατριαρχείο Ιεροσολύμων ένα πολύτιμο ηλεκτρονικό εργαλείο. Το έργο παραδόθηκε στις 22 Μαρτίου 2017 - οι εργασίες διήρκεσαν οκτώ μήνες - παρουσία του Έλληνα πρωθυπουργού και του Οικουμενικού Πατριάρχη Βαρθολομαίου συμβολίζοντας και την «ομοφωνία των δογμάτων», από τρεις Θρησκευτικές Κοινότητες, το Ελληνορθόδοξο Πατριαρχείο, το Τάγμα των Φραγκισκανών Μοναχών και το Αρμένικο Πατριαρχείο οι οποίες και ήρθαν σε συμφωνία για την εκτέλεση του έργου. Τα επιστημονικά αποτελέσματα έχουν ήδη αποτελέσει αντικείμενο έκθεσης στο μουσείο του National Geographic στη Ν. Υόρκη, τον Νοέμβριο του 2017 ενώ μία αντίστοιχη έκθεση εγκαινιάστηκε το Μάιο του 2018 στο Βυζαντινό και Χριστιανικό Μουσείο Αθηνών. Ο επισκέπτης μπορούσε να περιηγηθεί εικονικά μέσω τρισδιάστατων γυαλιών στο χώρο πέριξ και μέσα στο Ιερό Κουβούκλιο και να δει τον Ιερό Βράχο που εντοπίστηκε επακριβώς μετά από αιώνες κατά τη διάρκεια των εργασιών αποκατάστασης. Ένα σύντομο

²⁰⁵ Τα στοιχεία σχετικά με το έργο αποκατάστασης που ανέλαβε το ΕΜΠ αντλήθηκαν κυρίως από την αντίστοιχη σελίδα του: <https://www.ntua.gr/el/180-years-ntua/item/69-i-apokatastasi-tou-ieroy-kouvoukliou-tou-panagiou>

τρισδιάστατο βίντεο πάνω στο θέμα συμπλήρωνε την όλη πρωτοποριακή εμπειρία της έκθεσης²⁰⁶. Παράλληλα, εκτίθενται τα τεχνολογικά επιτεύγματα τόσο των Χημικών όσο και των Πολιτικών Μηχανικών και ειδικότερα των εργαστηρίων υλικών και αντισεισμικής τεχνολογίας αντίστοιχα.

7.2 Εργασίες πεδίου

Όπως έχει ήδη επισημανθεί, η εργασία αυτή αποσκοπεί στο να καταδείξει κατά πόσο είναι εφικτό να δημιουργηθεί από ένα εργαζόμενο στο χώρο του πολιτισμού (αρχαιολόγο ή συντηρητή) ένα τρισδιάστατο μοντέλο αρχιτεκτονικού ή μή μνημείου με μεγάλο βαθμό ακρίβειας και αξιοπιστίας ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επιστημονικά οριοθετημένη γεωμετρική τεκμηρίωσή του. Τα μέσα που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι τα πλέον προσιτά, δηλαδή μία φωτογραφική μηχανή και δύο ελεύθερης πρόσβασης λογισμικά για την επεξεργασία των δεδομένων, το Visual-SFM και το MeshLaB. Ως αντικείμενο εργασίας θα χρησιμοποιηθεί η βόρεια πλευρά του Ιερού Κουβουκλίου του Παναγίου Τάφου και πιο συγκεκριμένα θα γίνει προσπάθεια να ανασυντεθούν σε τρισδιάστατα μοντέλα τα τέσσερα φατνώματα που την αποτελούν.

Η επιστημονική ομάδα της Σχολής Αγρ. & Τοπογράφων Μηχανικών συνέλεξε τα πρωτογενή δεδομένα κατά τη διάρκεια των εργασιών καταγραφής και αποκατάστασης του μνημείου από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο και παραχωρήθηκαν στον γράφοντα αποκλειστικά και μόνο για την εκπόνηση της διπλωματικής αυτής εργασίας. Τα συγκεκριμένα δεδομένα αποτελούν τμήμα της τεκμηρίωσης μίας ενδιάμεσης φάσης των εργασιών, που έπεται της αφαίρεσης των ορθομαρμαρώσεων και της εξυγίανσης της λιθοδομής.

Οι εργασίες που έλαβαν χώρα στο πεδίο αποτελούν ένα συνδυασμό φωτογραμμετρικών και τοπογραφικών μεθόδων ενώ προηγήθηκε μία επισκόπηση του μνημείου με σκοπό τον προγραμματισμό των επόμενων ενεργειών και εργασιών. Ο προσδιορισμός των γεωδαιτικών συντεταγμένων έγινε με τη χρήση ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού (Total Station) και επιλέχθηκαν ως φωτοσταθερά (GCPs)²⁰⁷ χαρακτηριστικά σημεία περιμετρικά, αλλά και πάνω στα φατνώματα.. Η προς αποτύπωση περιοχή είχε έντονο ανάγλυφο, καθιστώντας απαραίτητη την κατά το δυνατό λεπτομερέστερη επικάλυψη των φωτογραφιών, προκειμένου να αποφευχθούν τυφλά σημεία και απόκρυψη των λεπτομερειών των φατνωμάτων που θα οδηγήσουν είτε σε λάθος είτε σε

²⁰⁶<http://www.fox5dc.com/news/tomb-of-christ-3d-virtual-exhibit-at-national-geographic-museum-lets-visitors-experience-holy-site>

²⁰⁷ Ground Control Points

μη ολοκληρωμένη απόδοσή τους στις τρεις διαστάσεις. Συνήθως, για την κατασκευή ενός νέφους σημείων χωρίς κενά, χρειάζονται πολλές επικαλυπτόμενες φωτογραφίες, ενώ κάθε σημείο πρέπει να είναι ορατό σε τουλάχιστον τρεις φωτογραφίες που έχουν παρθεί από διαφορετικές θέσεις με την κλίση ανάμεσα σε κάθε ζεύγος φωτογραφιών να μην ξεπερνά τις 15 μοίρες²⁰⁸. Έχοντας υπόψη ότι η κλίμακα του τελικού προϊόντος είναι 1:50 τα φωτοσταθερά τοποθετήθηκαν κατά μήκος της κάτοψης με ειδικούς στόχους διαστάσεων 3x3cm² σε απόσταση περίπου 2.5 μέτρων μεταξύ τους, ενώ η βάση λήψης είναι 5 με 10 μέτρα. Στη συνέχεια, έγινε η ίδρυση και η μέτρηση του πολυγωνομετρικού δικτύου. Κατά την ίδρυση του δικτύου οι στάσεις τοποθετήθηκαν κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλιστεί η αμοιβαία ορατότητα αυτών και ακόμα το κάθε φωτοσταθερό να είναι δυνατό να μετρηθεί από κάθε στάση.

7.3 Η επεξεργασία των δεδομένων στο Visual SFM²⁰⁹ και στο MeshLab

Τα τελευταία χρόνια διατίθενται αρκετά λογισμικά επεξεργασίας των δεδομένων που προκύπτουν από τη διαδικασία φωτογραμμετρικής αποτύπωσης και μάλιστα σε περισσότερο προσιτές τιμές. Τα περισσότερα επιστημονικά άρθρα που αναφέρονται στη χρήση της μεθόδου *Σχήμα-από-Κίνηση* (Structure From Motion) στο χώρο της αρχαιολογίας έχουν ως βασικό λογισμικό χρήσης το Photoscan της Agisoft²¹⁰, καθώς στο περιβάλλον της πλατφόρμας του είναι εύκολος ο προσανατολισμός των σημείων και η δημιουργία μοντέλων με υφή μέσω του πυκνού νέφους σημείων που δημιουργείται. Η επαγγελματική έκδοση, όμως, του λογισμικού αυτού, υπερβαίνει τον προϋπολογισμό των περισσότερων αρχαιολόγων, καθώς ανέρχεται σε μερικές χιλιάδες ευρώ.

Τη λύση σε αυτό το ζήτημα δίνουν είτε ψηφιακές διαδικτυακές πλατφόρμες, όπως το 123D Catch, είτε ελεύθερης πρόσβασης λογισμικά, όπως τα Bundler, PMVS2, Photosynth και VisualSFM. Στην παραδοσιακή φωτογραμμετρία είναι γνωστές είτε οι θέσεις των φωτογραφικών μηχανών είτε συγκεκριμένα σημεία που είναι ορατά σε παραπάνω από μία φωτογραφίες. Στη *Σχήμα-Από-Κίνηση* τεχνική, ταυτίζονται πολλά σημεία σε πολλές εικόνες χωρίς να είναι γνωστή η θέση της κάμερας. Στο πρώτο στάδιο η εύρεση πολλαπλών σημείων ταύτισης οδηγεί και στον υπολογισμό και τη συσχέτιση της θέσης των φωτογραφικών μηχανών, ενώ στο δεύτερο στάδιο γίνεται η ταύτιση των σημείων στο χώρο, ανακατασκευάζοντας το σχήμα των αντικειμένων που φωτογραφήθηκαν σε ένα πυκνό νέφος

²⁰⁸ Green et al. 2014, 177

²⁰⁹ Για την ιστοσελίδα του λογισμικού βλέπε <http://ccwu.me/vsfm/>

²¹⁰ Verhoeven et al. 2012, De Reu et al. 2013, Doneus et al. 2011 και Green et al. 2014

σημείων²¹¹. Στο πρώτο στάδιο τα αποτελέσματα παραμετροποιούνται κατά την πρόοδο της διαδικασίας, απορρίπτοντας όσες φωτογραφίες δεν εντάσσονται στις παραμέτρους αυτές. Ο χρόνος ολοκλήρωσης της διαδικασίας εξαρτάται άμεσα από τον όγκο των φωτογραφιών που εισάγονται²¹².

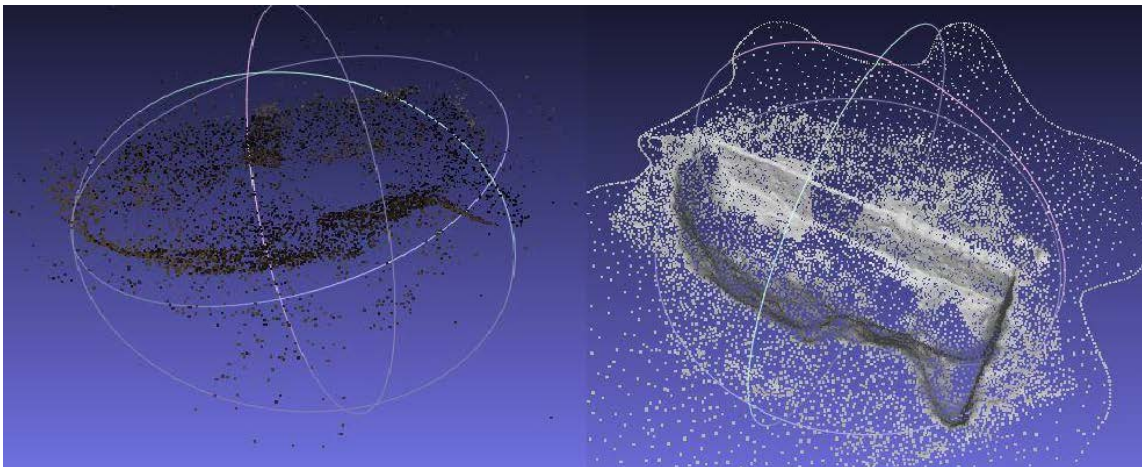
Το VisualSFM χρησιμοποιεί πολλαπλούς υπολογιστικούς πυρήνες ώστε να επισπεύσει τη διαδικασία εντοπισμού της θέσης και παραμετροποίησης των μηχανών, ενώ, επίσης, σπάει σε μικρότερα κομμάτια τη διαδικασία επεξεργασίας και δημιουργίας του νέφους σημείων μέσω της τεχνικής CMVS (Clustering Views for Multi-view Stereo)²¹³. Αποτελεί ένα πρόγραμμα συμβατό με όλα τα λειτουργικά συστήματα και επιτρέπει στον χρήστη τη συμμετοχή του σε όλη τη διαδικασία ώστε να μπορεί να καταλάβει τι συμβαίνει κάθε στιγμή. Σε αντίθεση με άλλα προγράμματα, που απλώς σε οδηγούν αυτόματα σε ένα αποτέλεσμα, στο λογισμικό αυτό μπορεί κάποιος να εντοπίσει τι ακριβώς δεν πάει καλά και να προχωρήσει σε πιο στοχευμένες ενέργειες. Ειδικά για τους αρχαιολόγους, που πολλές φορές βρίσκονται μακριά από κάποια σύνδεση στο διαδίκτυο, το ότι μπορεί να δουλέψουν με το λογισμικό αυτό εκτός σύνδεσης είναι πολύτιμο. Παρόλο όμως, που ο εντοπισμός των σημείων αποτελεί ένα από τα δυνατά του χαρακτηριστικά, ο συνολικός όγκος των σημείων που προσδιορίζονται είναι λιγότερος σε σχέση με άλλα προγράμματα, γεγονός που έχει επιπτώσεις στο βαθμό ακρίβειας του μοντέλου. Η δε προσοχή του χρήστη πρέπει να είναι στραμμένη στο πρόγραμμα με το οποίο αλληλεπιδρά συνεχώς, χωρίς να μπορεί να κάνει παράλληλα και άλλα πράγματα, όπως με διάφορα άλλα λογισμικά που με το πάτημα ενός κουμπιού σου επιστρέφουν ένα τελικό αποτέλεσμα²¹⁴.

²¹¹ Green et al. 2014, 178

²¹² Kooi 2013

²¹³ Furukawa et al., 2010

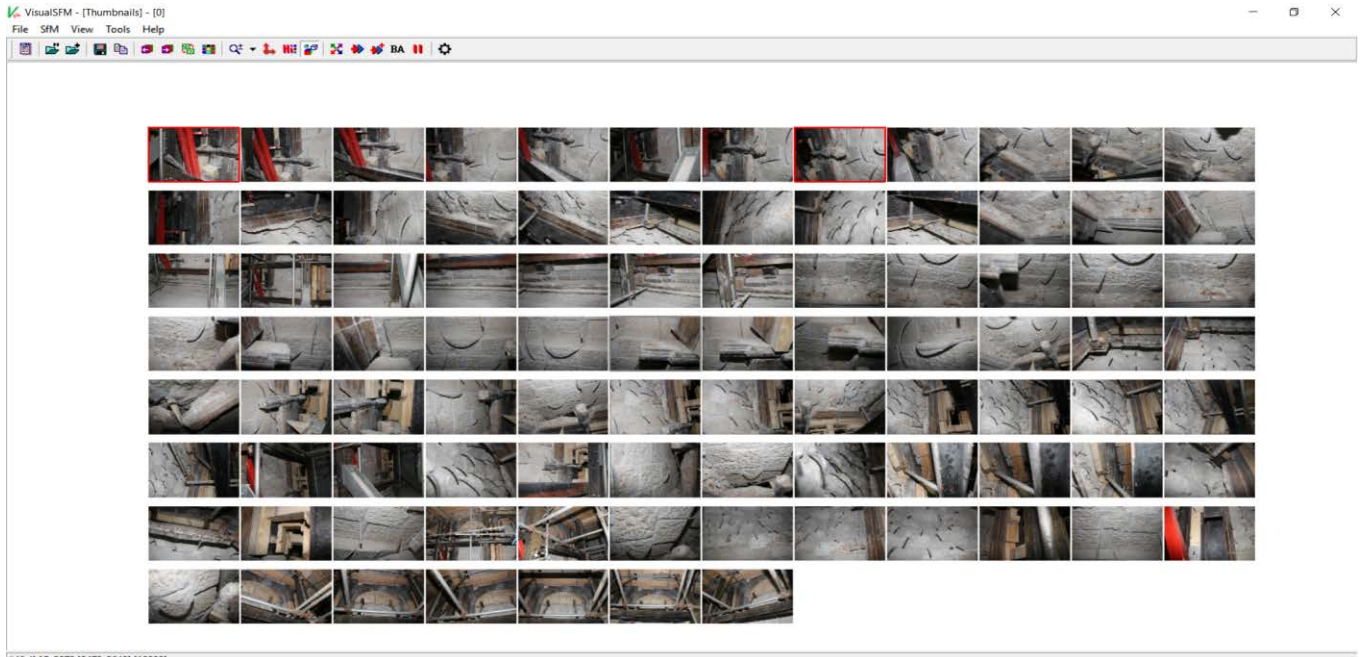
²¹⁴ Τα περισσότερα στοιχεία για την κριτική αξιολόγηση του VisualSFM αντλήθηκαν από την ιστοσελίδα <https://archphotogrammetry.com/tag/visualsfm/>



Εικόνα 22. Δημιουργία νέφους σημείων του ίδιου αντικειμένου στο *Visual SFM* (αριστερά) και στο *123D Catch* (δεξιά).

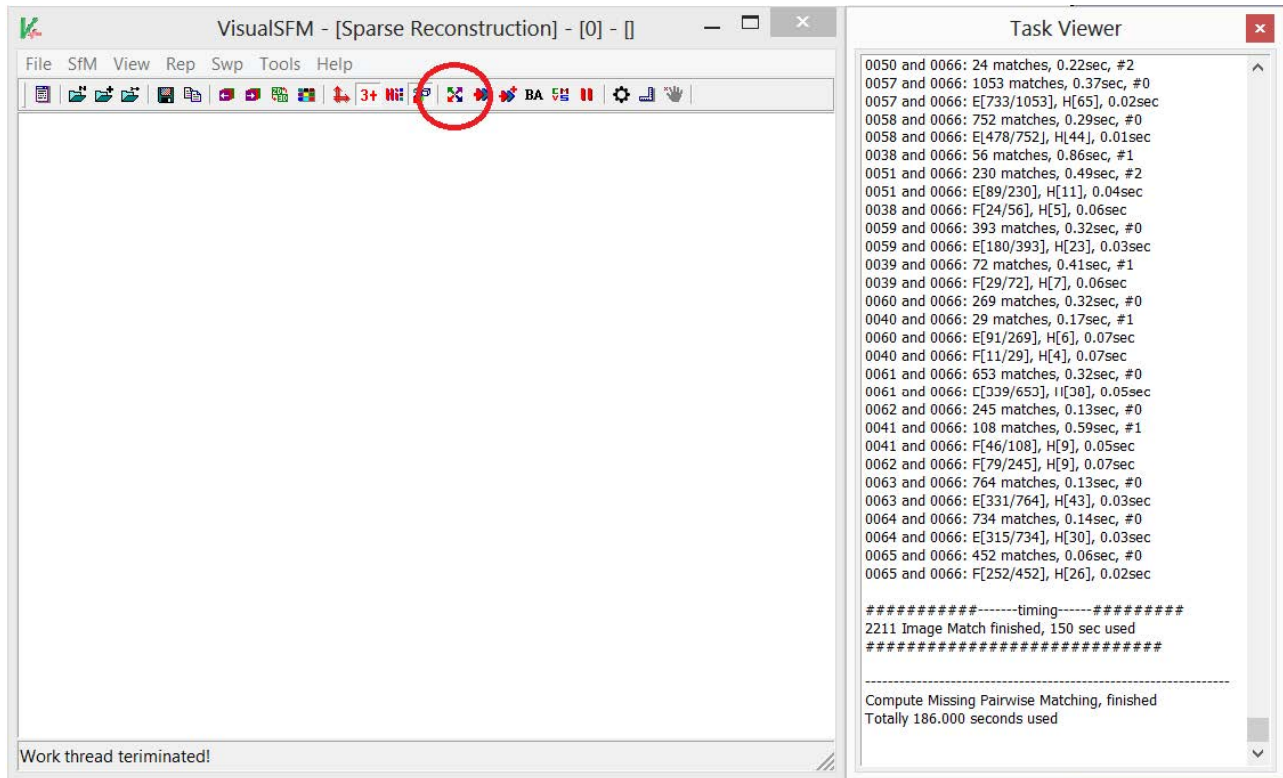
Για την κατασκευή του νέφους σημείων των τεσσάρων φατνωμάτων της βόρειας πλευράς χρησιμοποιήθηκε, επομένως το ανοικτής πρόσβασης λογισμικό του *Visual SFM* με τη διαδικασία που ακολουθήθηκε σε καθένα ξεχωριστά να είναι η ακόλουθη:

αρχικά, τοποθετήθηκαν στον ίδιο φάκελο το *Visual SFM* μαζί με το αντίστοιχο αρχείο *CMVS*, ενώ στον ίδιο φάκελο καλό είναι να προστεθούν και τα πρωτογενή δεδομένα-φωτογραφίες - που θα επεξεργαστεί το πρόγραμμα. Στη συνέχεια, φορτώθηκαν όλες οι φωτογραφίες κάθε φατνώματος ξεχωριστά, πατώντας «Load NView Match» και εν συνεχεία «All JPEGs in folder». Δίπλα ακριβώς από το «Load NView Match» βρίσκεται η επιλογή «Thumbnails» όπου και μπορεί κάποιος να παρακολουθήσει τις φωτογραφίες να φορτώνονται, με το πρόγραμμα να έχει κάνει μία επιλογή σε αυτές που δεν θα χρησιμοποιήσει.



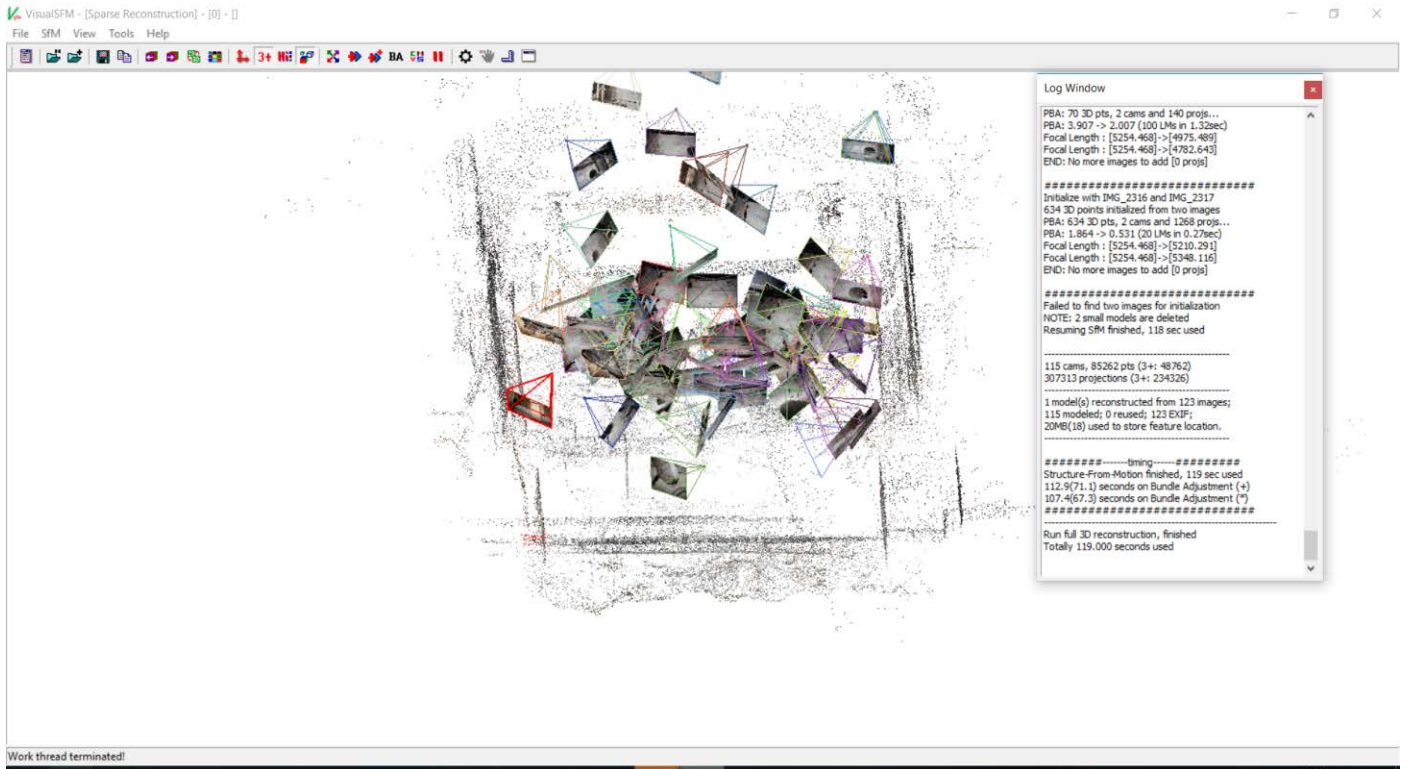
Εικόνα 23. Η εισαγωγή των φωτογραφιών του φατνώματος 2 στο πλαίσιο της εντολής «*Thumbnails*».

Στη συνέχεια, η επόμενη εντολή είναι «Compute missing matches» όταν και ξεκινάει ο υπολογισμός της αλληλοεπικάλυψης των φωτογραφιών. Στα δεξιά φαίνεται το ημερολόγιο (log window) των ενεργειών που έχουν λάβει αλλά και λαμβάνουν χώρα. Το κουμπί που το εμφανίζει ή εξαφανίζει είναι το πρώτο στα αριστερά.



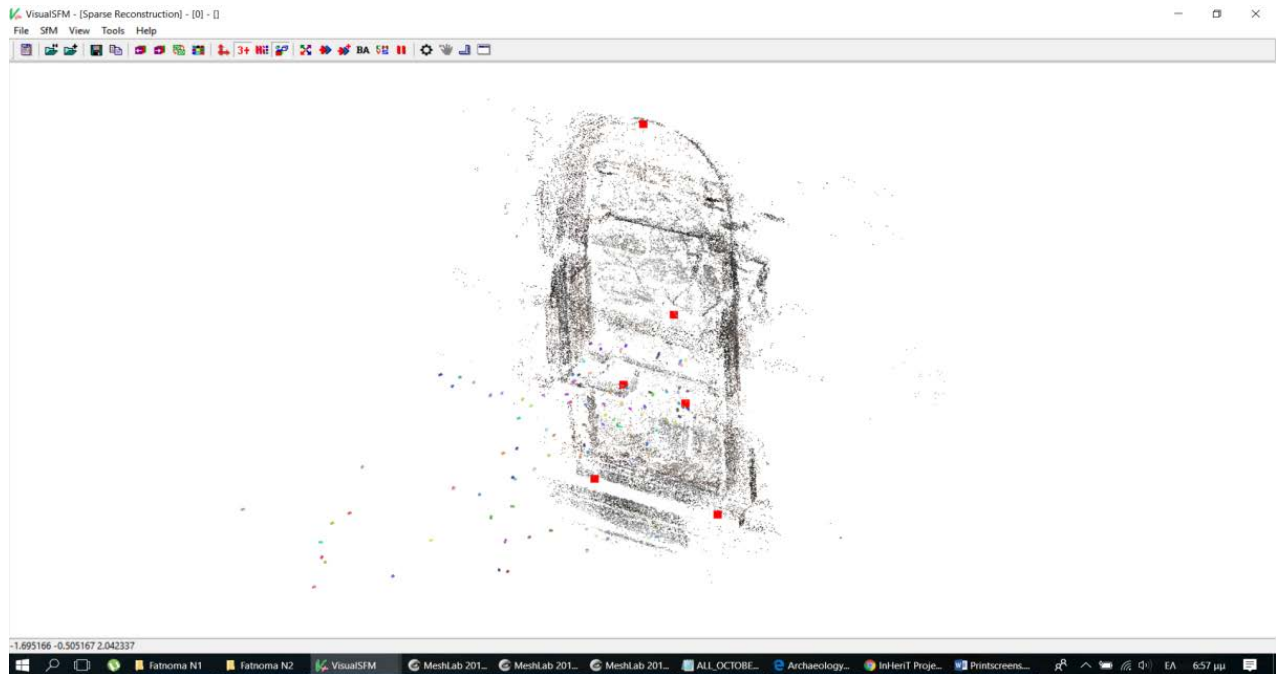
Εικόνα 24. Η εντολή «*Compute missing matches*» και το ημερολόγιο ενεργειών στα δεξιά.

Αφού ολοκληρωθεί και αυτή η διαδικασία, πατώντας την εντολή «3D reconstruction» ξεκινάει η κατασκευή του αραιού νέφους σημείων, η οποία και χρειάζεται μεγαλύτερο χρονικό διάστημα σε σχέση με τις προηγούμενες εντολές. Το νέφος σημείων θα βασιστεί στα σημεία αλληλοεπικάλυψης που εντοπίστηκαν στο προηγούμενο βήμα.

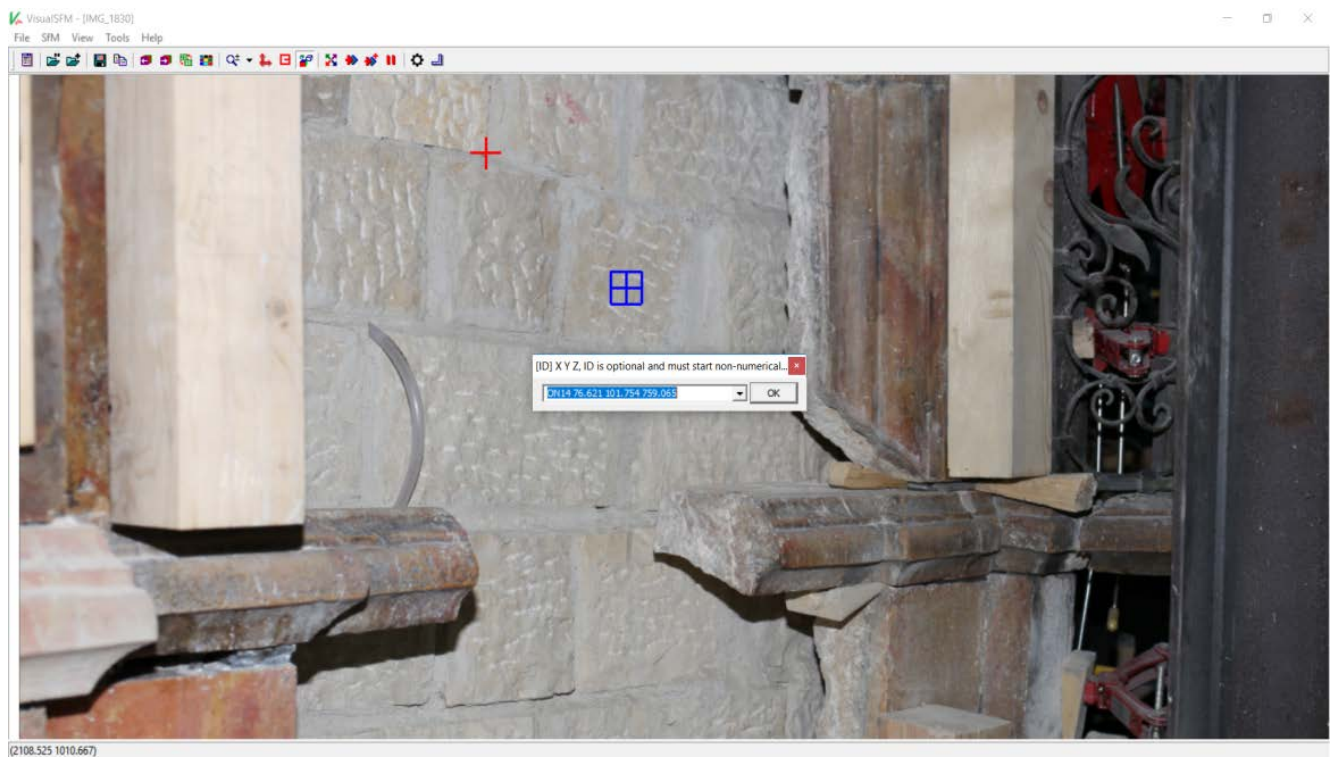


Εικόνα 25. Διαδικασία δημιουργίας αραιού νέφους σημείων του Φατνώματος 1.

Ένα σοβαρό μειονέκτημα του Virtual SFM είναι πως η τοποθέτηση των φωτοσταθερών σημείων πρέπει να γίνει χειροκίνητα σε κάθε μία φωτογραφία ξεχωριστά. Χρειάζονται το λιγότερο τρία φωτοσταθερά ώστε να γίνει σωστά η γεωαναφορά των μοντέλων - ενώ στην παρούσα περίπτωση του φατνώματος 4 τοποθετήθηκαν έξι. Πέρα από το εμφανές πρόβλημα που δημιουργείται σε περίπτωση μεγάλου όγκου δεδομένων και φωτοσταθερών, η επανάληψη της μηχανικής διαδικασίας αυξάνει αρκετά το περιθώριο λάθους.

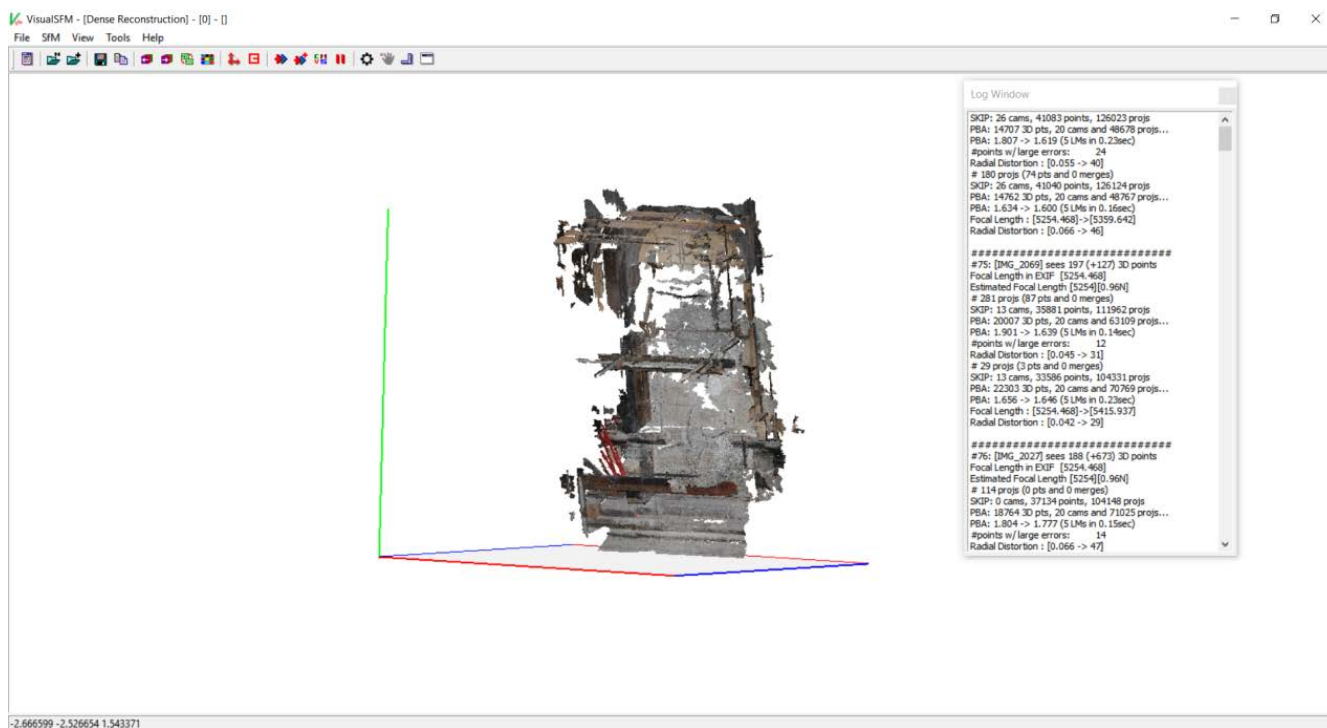


Εικόνα 26. Το αραιό νέφος σημείων του Φατνώματος 4 με τοποθετημένα πάνω του τα φωτοσταθερά.



Εικόνα 27. Διαδικασία τοποθέτησης φωτοσταθερών στο Φάτνωμα 3.

Το τελευταίο στάδιο επεξεργασίας των δεδομένων στην πλατφόρμα του Visual SFM είναι η δημιουργία του πυκνού νέφους σημείων πατώντας την εντολή CMVS είτε την εντολή «Reconstruct Dense» από το μενού SFM στα αριστερά της πλατφόρμας. Προτού ξεκινήσει η τελική αυτή διαδικασία-και πλέον χρονοβόρα- χρειάζεται να δοθεί ένα όνομα και μία τοποθεσία αποθήκευσης του πυκνού νέφους σημείων που θα δημιουργηθεί. Με το πλήκτρο Tab υπάρχει η δυνατότητα εναλλαγής εμφάνισης στην οθόνη του αραιού και του πυκνού νέφους σημείων που έχουν δημιουργηθεί από το λογισμικό.



Εικόνα 28. Το πυκνό νέφος σημείων που δημιουργήθηκε από τα δεδομένα του Φατνώματος 2.

Οι χρόνοι που χρειάστηκαν για να ολοκληρωθεί κάθε διαδικασία διαφέρουν ανάμεσα σε κάθε φάτνωμα ανάλογα με κυρίως με τον αριθμό των φωτογραφιών που χρειάστηκε να επεξεργαστεί το πρόγραμμα. Σε καμία από τις περιπτώσεις αυτές δεν δημιουργήθηκε πρόβλημα με τη μόνη παραφωνία να βρίσκεται στην τοποθέτηση των φωτοσταθερών, όταν σε κάποιες περιπτώσεις η διαδικασία επαναλήφθηκε αρκετές φορές προκειμένου να στεφθεί με επιτυχία. Ο υπολογιστής που χρησιμοποιήθηκε για τις ενέργειες αυτές έχει επεξεργαστή Intel Core i7-7700HQ στα 2.8 GHz με μνήμη 16 GB και κάρτα γραφικών NVIDIA GeForce GTX 1060 με μνήμη 4 GB.

| Φάτνωμα | Εικόνες | Αραιό Νέφος Σημείων | Πυκνό Νέφος Σημείων |
|---------|---------|---------------------|---------------------|
| 1 | 79 | 60.967 sec | 62.717 sec |
| 2 | 95 | 89.000 sec | 87.767 sec |
| 3 | 84 | 76.000 sec | 56.450 sec |
| 4 | 115 | 122.000 sec | 65.200 sec |

Εικόνα 29. Πίνακας με τα δεδομένα επεξεργασίας των τεσσάρων φατνωμάτων.

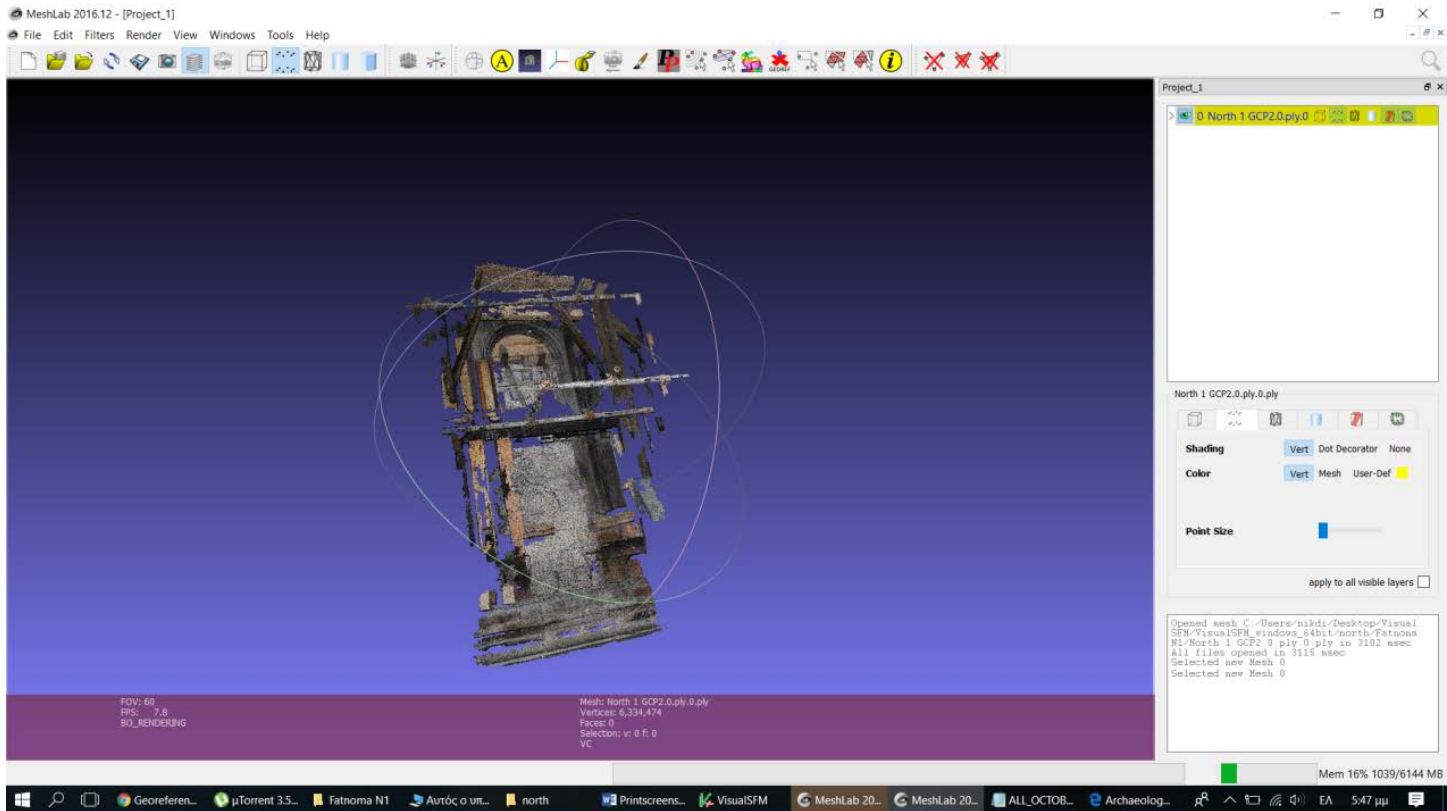
Για το επόμενο στάδιο επεξεργασίας των δεδομένων και του πυκνού νέφους σημείων που δημιουργήθηκε πρέπει να μεταφερθούμε σε άλλο λογισμικό, ανοικτής πρόσβασης και αυτό. Το MeshLab²¹⁵ αποτελεί μία πλατφόρμα στην οποία μπορεί κάποιος να δει, να επεξεργαστεί και να επέμβει σε νέφη σημείων και τρισδιάστατα τριγωνικά πλέγματα. Αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο της Πίζας το 2005 ως τμήμα ακαδημαϊκής εργασίας²¹⁶ και συνήθως αποτελεί μέρος μίας σειράς ενεργειών που περιλαμβάνει επίσης και τα λογισμικά Bundler και PMV2. Στις λειτουργίες του περιλαμβάνονται η δημιουργία πλέγματος σημείων, ο καθαρισμός του και η δημιουργία υφής με τη γενικότερη επισκόπησή του ενώ είναι συμβατό με αρκετούς διαφορετικούς τύπους αρχείων. Το MeshLab²¹⁷ βρίσκει εφαρμογή σε διάφορα ακαδημαϊκά και ερευνητικά εγχειρήματα και σε διάφορους τομείς όπως η μικροβιολογία, η πολιτιστική κληρονομιά, η ορθοδοντική κ.ά.

Έχοντας σε αυτό το στάδιο κατασκευάσει το νέφος σημείων του μοντέλου που θέλουμε να δημιουργήσουμε, το επόμενο βήμα αποτελεί η κατασκευή της υφής και της γεωμετρίας του. Προκειμένου να εισάγουμε τις φωτογραφίες πάνω στις οποίες έχει βασιστεί το νέφος σημείων που έχουμε δημιουργήσει πατάμε την εντολή «Open Project» και φορτώνουμε από το φάκελο που έχει δημιουργηθεί το αρχείο «.nvm.cmvs». Με τον τρόπο αυτό η υφή του μοντέλου που θέλουμε να δημιουργήσουμε θα έχει την κατάλληλη ποιότητα. Εν συνεχεία, φορτώνουμε το νέφος σημείων που έχουμε δημιουργήσει εισάγοντας με την εντολή «Import Mesh» το αρχείο «.ply» που δημιουργήθηκε στο Visual SFM.

²¹⁵ <http://www.meshlab.net/>

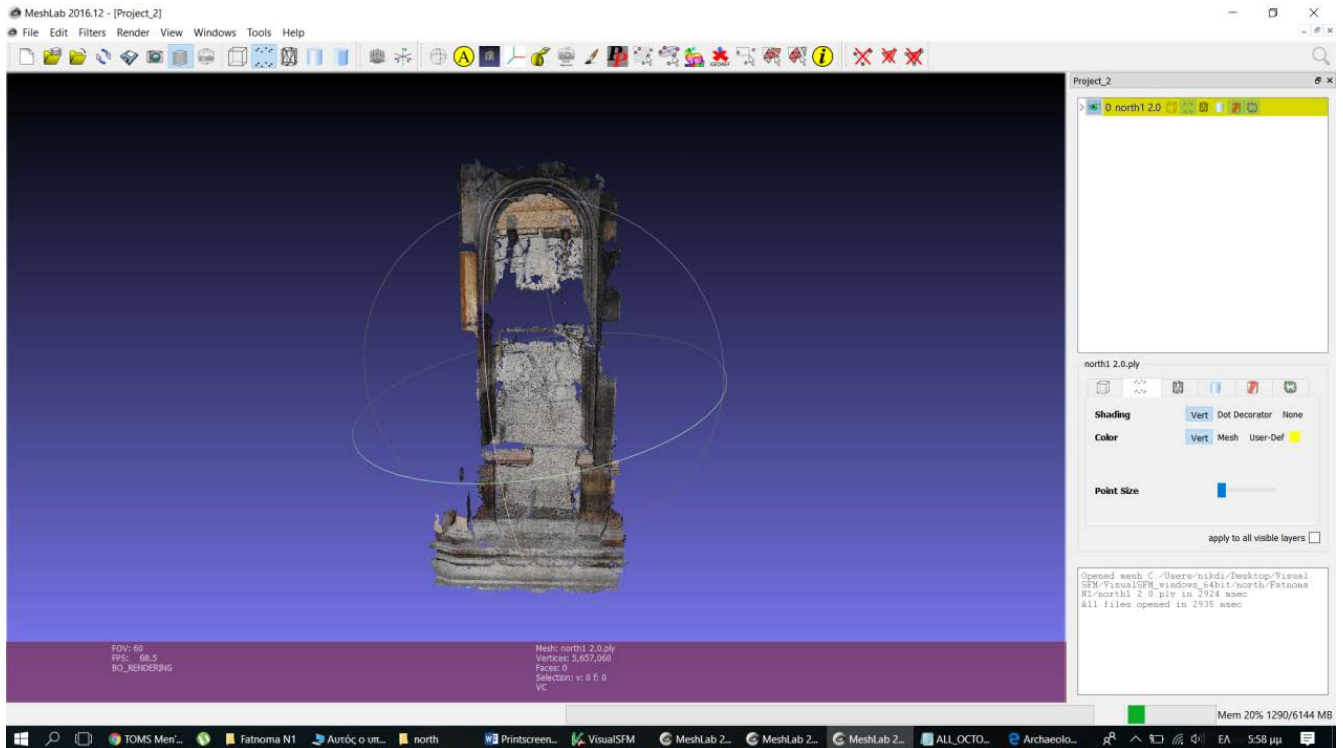
²¹⁶ Carrivick et al. 2016,82

²¹⁷ Cignoni et al. 2008



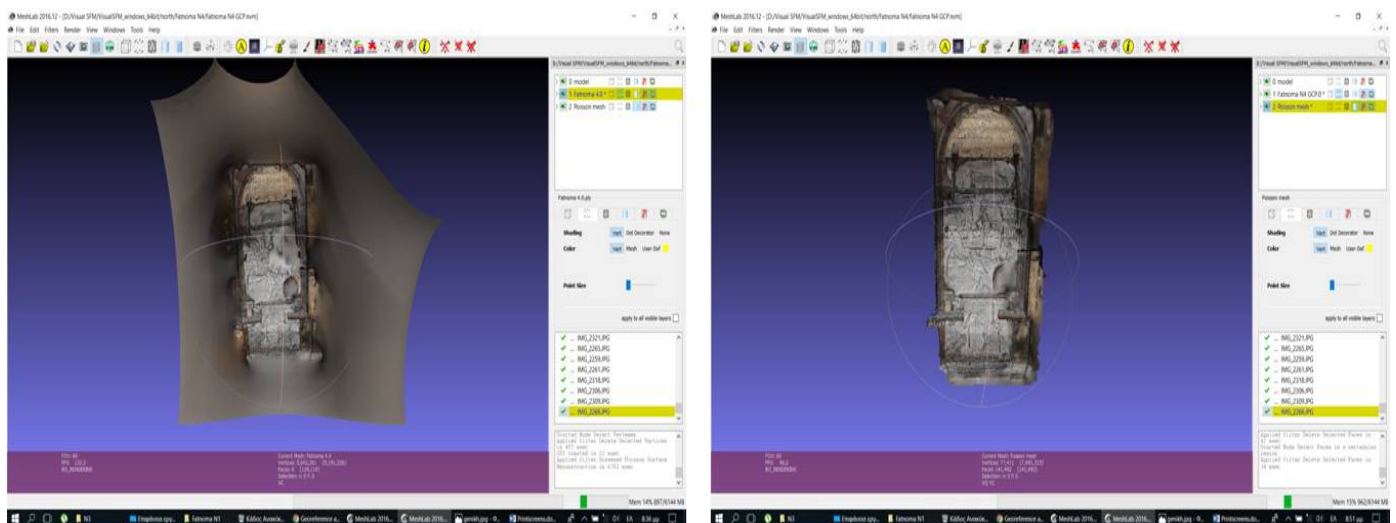
Εικόνα 30. Η εισαγωγή στην πλατφόρμα του *MeshLab* του αρχείου «.ply» που αντιστοιχεί στο Φάτνωμα 1.

Ο καθαρισμός του μοντέλου από τα περιττά στοιχεία γίνεται με την εντολή «Select Vertexes» και με την ακόλουθη διαγραφή τους.



Εικόνα 31. Το Φάντωμα 1 μετά τον καθαρισμό του.

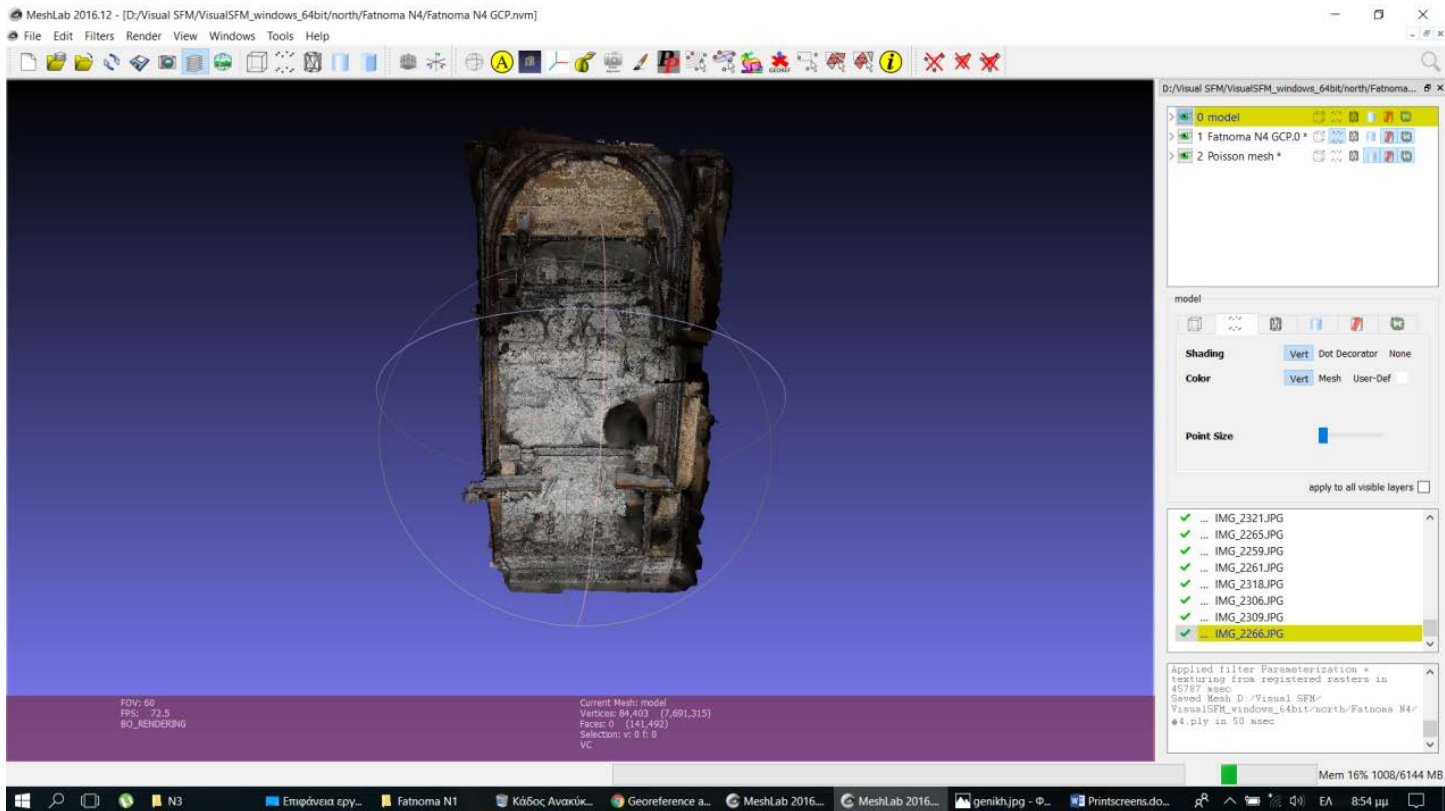
Η επεξεργασία του νέφους σημείων συνεχίζεται με την εφαρμογή του φίλτρου Poisson²¹⁸ από το μενού Filters > Remeshing, Simplification and Reconstruction > Screened Poisson Surface Reconstruction.



Εικόνα 32. Η εφαρμογή του φίλτρου Poisson στο Φάντωμα 4 και δεξιά ο καθαρισμός του.

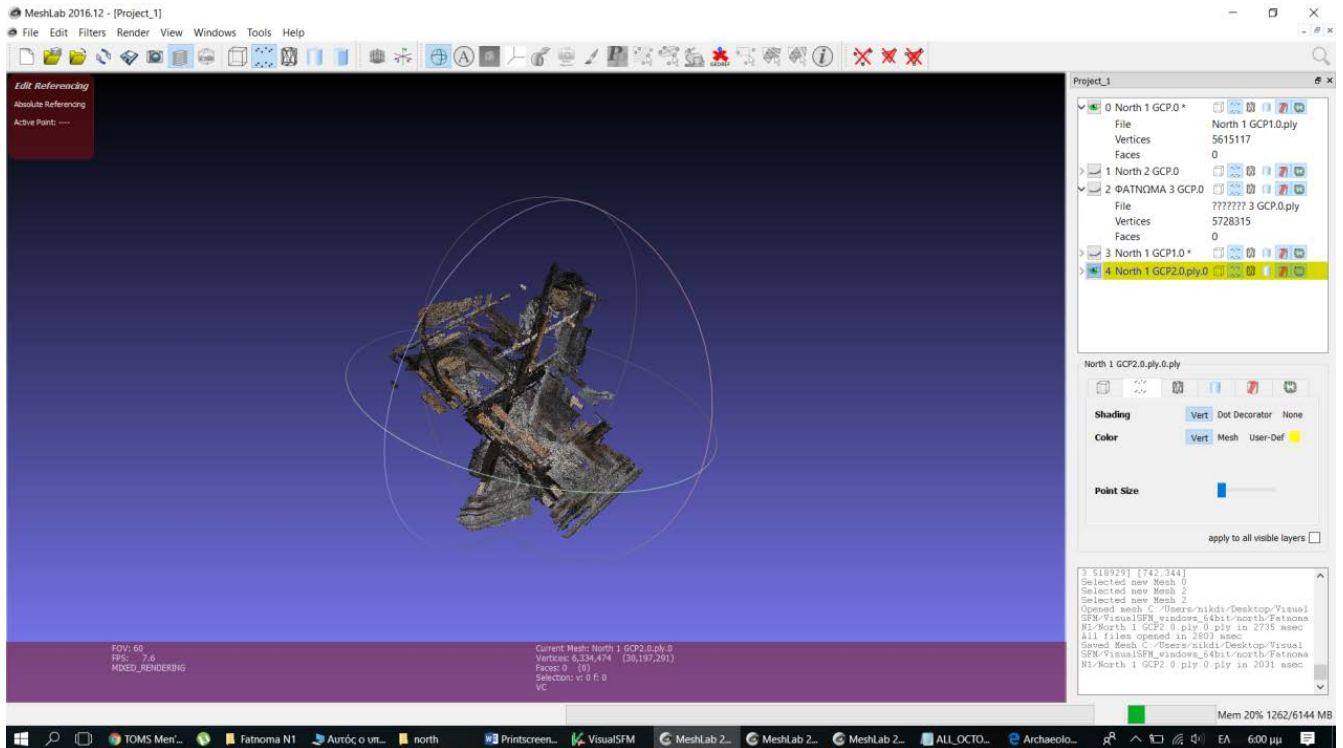
²¹⁸ Thakur et al. 2016

Το μοντέλο είναι πλέον αρκετά μεγάλο και βαρύ, με αποτέλεσμα να καθυστερεί η διαδικασία επεξεργασίας του. Η λύση είναι η απλοποίηση των πολυγώνων που αποτελούν το πλέγμα που έχει δημιουργηθεί, η οποία και επιτυγχάνεται με την εντολή «Simplification: Quadratic Edge Collapse Decimation» πάλι από το μενού «Filters». Η δε απόδοση υφής στο μοντέλο του κάθε φατνώματος έγινε πατώντας την εντολή «Parameterization + texturing from registered rasters», κρατώντας τις βασικές παραμέτρους στις επιλογές.



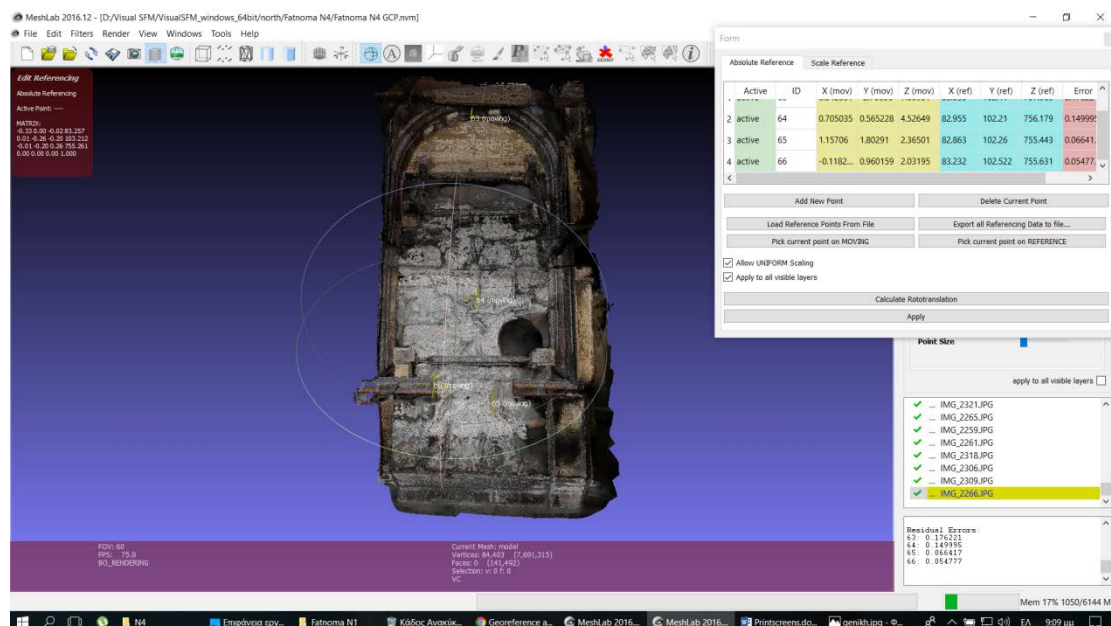
Εικόνα 33. Απόδοση υφής στο φάτνωμα 4.

Η γεωαναφορά των μοντέλων στο Visual SFM αποδείχτηκε προβληματική οπότε χρειάστηκε να επαναληφθεί η διαδικασία στο περιβάλλον του MeshLab.



Εικόνα 34. Αποτυχημένη προσπάθεια γεωαναφοράς στο Visual SFM.

Οι συντεταγμένες του μοντέλου τοποθετούνται τον ίδιο φάκελο με τα υπόλοιπα αρχεία σε μορφή .txt. Με την εντολή «load reference points from file» το αρχείο φορτώνεται στην πλατφόρμα του MeshLab και χειροκίνητα επιλέγεται το κάθε σημείο πάνω στο μοντέλο που έχει δημιουργηθεί. Στο κάτω δεξιό μέρος της οθόνης φαίνεται και ο βαθμός απόκλισης με το ποσοστό λάθους.



Εικόνα 35. *Εισαγωγή Φωτοσταθερών στο Φάτνωμα 4 στο περιβάλλον του MeshLab όπου και διαφαίνεται ο πίνακας συντεταγμένων και ο βαθμός απόκλισης.*

Έχοντας περάσει όλα αυτά τα στάδια, το τελικό αποτέλεσμα είναι τα γεωαναφερμένα τρισδιάστατα μοντέλα από τα τέσσερα φατνώματα με τη διακριτή υφή τους. Προκειμένου να σωθεί το τελικό αποτέλεσμα, γίνεται εξαγωγή του μοντέλου σε φάκελο με την εντολή «Export Mesh as». Για να επαναφορτώθει το μοντέλο που κατασκευάστηκε, χρειάζεται να ακολουθηθεί η διαδρομή File>Reload.



Εικόνα 36. *Τελικό αποτέλεσμα. Τα τρισδιάστατα μοντέλα των τεσσάρων φατνωμάτων της βόρειας πλευράς του Ιερού Κουβουκλίου του Παναγίου Τάφου.*

Η χρήση των δύο ανοικτής πρόσβασης λογισμικών που χρησιμοποιήθηκαν στην προσπάθεια αυτή, αντιμετώπισε αρκετές δυσκολίες αλλά παράλληλα οδήγησε σε ένα αρκετά ικανοποιητικό αποτέλεσμα, τηρουμένων των αναλογιών. Στο Visual SFM η μεγαλύτερη δυσκολία ήταν η γεωαναφορά των φατνωμάτων ενώ στο MeshLab οι απότομες διακοπές (crash) του προγράμματος ήταν μία μόνιμη απειλή. Για την αντιμετώπισή τους, η μόνη λύση ήταν η διαρκής αποθήκευση πατώντας την εντολή «export as» ενώ επίσης δεν είναι δυνατή η επιστροφή σε προηγούμενο βήμα της διαδικασίας παρά μόνο αν έχει αποθηκευθεί σε ξεχωριστό αρχείο. Η απουσία εγχειριδίων χρήσης καλύπτεται από την ύπαρξη αρκετών βίντεο στο διαδίκτυο με αναλυτική περιγραφή της όλης διαδικασίας. Ένας μη ειδικός βέβαια είναι εύκολο να κολλήσει σε κάποιο βήμα όπου και θα

χρειαστεί τη συνδρομή και την επεξήγηση κάποιου περισσότερο εξειδικευμένου στον τομέα αυτό.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η σύνδεση του ανθρώπου με το παρελθόν του, γεννά μέσα του την αίσθηση της συνέχειας, τοποθετώντας τον σε μία εξελικτική διαδικασία που λαμβάνει χώρα μέσω των γενεών, νοηματοδοτώντας την εφήμερη ύπαρξή του και επικυρώνοντας μέσα του τις ηθικές αξίες που διέπουν την ύπαρξη αυτή.

Σε κάθε οργανωμένη κοινωνία συναντώνται παραδείγματα προσπάθειας διατήρησης τόσο των υλικών καταλοίπων όπως τα μνημεία αλλά και των άυλων όπως λόγου χάρη είναι οι παραδόσεις. Σε διαφορετική περίπτωση η σύνδεση χάνεται και ο ομφάλιος λώρος κόβεται απότομα και οριστικά. Όταν τα ιδιαίτερα πολιτιστικά γνωρίσματα χαθούν, ακολουθεί η ψυχική ισοπέδωση και η ενσωμάτωση σε μια άλλη κυρίαρχη κουλτούρα.

Η αρχαιολογία ανήκει στη σφαίρα των ανθρωπιστικών επιστημών οι οποίες και απευθύνονται σε αυτές ακριβώς τις εσωτερικές ανάγκες του ατόμου. Αν και όλοι επισημαίνουν την ενσωμάτωση των τεχνολογικών επιτευγμάτων των θετικών επιστημών στην πρακτική εφαρμογή της αρχαιολογίας, λίγοι στέκονται στη σχέση τους όσον αφορά στο θεωρητικό επίπεδο. Το θεωρητικό υπόβαθρο των ιδεολογικών ρευμάτων της αρχαιολογικής σκέψης, άντλησε έμπνευση και επηρεάστηκε σε μεγάλο βαθμό, κατά τα τελευταία πενήντα χρόνια, τόσο από τη μεθοδολογία όσο και από τη θεωρία των θετικών επιστημών. Τα νέα ερμηνευτικά σχήματα της Νέας και Διαδικαστικής Αρχαιολογίας πηγάζουν μέσα ακριβώς από τη χρήση των νέων τεχνολογιών, έχοντας την πεποίθηση πως μπορούν να διατυπώσουν γενικούς νόμους της ανθρώπινης συμπεριφοράς κατά το θετικιστικό πρότυπο.

Από τη δεκαετία του 1960 και έπειτα, η χρήση των νέων υπολογιστικών μηχανών αρχίζει σταδιακά να μεταμορφώνει τον τρόπο διεξαγωγής της ανασκαφικής διαδικασίας αλλά και τις πρακτικές των αρχαιολόγων εκτός πεδίου. Συστήματα ταξινόμησης που δημιουργούνταν και εξελίσσονταν επί δεκαετίες, γίνονται παρωχημένα εν μία νυκτί. Ανασκαφικές πρακτικές έρευνας και καταγραφής εντάσσονται όλο και περισσότερο στο παρελθόν και όχι στο παρόν της αρχαιολογικής επιστήμης. Οι δυνατότητες που δίνουν οι νέες τεχνολογίες μεταλλάσσουν το πρότυπο του αρχαιολόγου από τον γραφικό και ρομαντικό τύπο που σχεδιάζει με την πένα του τη θεμελίωση ενός μνημείου σε αυτό του δυναμικού επιστήμονα που χειριζόμενος τα νέα μηχανήματα και λογισμικά μπορεί να διεξάγει άλλου τύπου έρευνες με πολύ πιο στέρεα και αποδείξιμα αποτελέσματα.

Η αρχαιολογία εγκαταλείπει, όπως όλοι, το αναλογικό παρελθόν της και μεταλλάσσεται στην ψηφιακή μορφή της, μία νέα επιστήμη κυριολεκτικά κατά πολλούς που χρειάζεται εκ νέου θεωρητική θεμελίωση. Η εναέρια και δορυφορική φωτογράφιση, η μαγνητική και ηλεκτρική επισκόπηση, η χρονολόγηση με νέους τρόπους όπως η φωταύγεια ή η εφαρμογή των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών απαιτούν νέες γνώσεις από τους αρχαιολόγους που καλούνται πλέον περισσότερο από ποτέ να συντονίσουν μεγάλες διεπιστημονικές ομάδες, τα τελικά αποτελέσματα των οποίων θα κριθούν και θα ερμηνευθούν από τους αρχαιολόγους. Μεταπτυχιακά προγράμματα που καλύπτουν αυτό ακριβώς το ευρύ φάσμα των νέων εφαρμοσμένων τεχνολογιών καλούνται να επιμορφώσουν τους αρχαιολόγους ώστε να ανταποκριθούν στις νέες επαγγελματικές συνθήκες του κλάδου τους αλλά και παράλληλα να επικαιροποιήσουν τις γνώσεις τους και να ενημερωθούν για τις νέες δυνατότητες που τους προσφέρονται.

Για παραπάνω από ένα αιώνα, η ανασκαφή θεωρούνταν μία καταστροφική διαδικασία, μία-οφείλουμε να παραδεκτούμε-κάπως πεσιμιστική σκέψη. Το γεγονός πως πλέον το κάθε αρχαιολογικό στρώμα μπορεί να αποτυπωθεί και να ανασυντεθεί ψηφιακά, αποτελεί από μόνο του ένα καθοριστικό γεγονός για τους αρχαιολόγους που πλέον μπορούν από την ηρεμία του γραφείου τους να μεταφερθούν στο ψηφιακό αντίγραφο της ανασκαφής τους, αναλύοντάς την από διαφορετική-κυριολεκτικά-οπτική. Βέβαια, όπως κάθε τι σε μία καπιταλιστική οικονομία, οι νέες αυτές τεχνολογίες μεταφράζονται σε επιπλέον οικονομικό κόστος με κάθε μία νέα τεχνολογική δυνατότητα να επιβαρύνει τον συνολικό προϋπολογισμό της ανασκαφής κατά αρκετές χιλιάδες ευρώ για την αγορά εξειδικευμένων μηχανημάτων όπως οι ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί αλλά και την πληρωμή τόσο του εξειδικευμένου προσωπικού που θα τα χειριστεί όσο και των αδειών χρήσης των αντίστοιχων λογισμικών επεξεργασίας των δεδομένων. Και αν αυτό δεν αποτελεί πρόβλημα για μεγάλα αρχαιολογικά εγχειρήματα που γίνονται συνήθως κάτω από την -και οικονομική- αιγίδα πανεπιστημιακών ιδρυμάτων, τί συμβαίνει στο χώρο των ανεξάρτητων ερευνητών ή και στο πεδίο της σωστικής αρχαιολογίας όπου η έλλειψη πόρων αποτελεί τον κανόνα; Ελλοχεύει επομένως ο κίνδυνος της δημιουργίας ενός ιδιότυπου επιστημονικού ελιτισμού, ανάμεσα στους έχοντες πρόσβαση στην υψηλή τεχνολογία και συνεπεία αυτού στα ακριβέστερα ερμηνευτικά μοντέλα και στους άλλους που θα πασχίζουν να δημιουργήσουν επιστημονική γνώση βασιζόμενοι σε παρωχημένες ερμηνευτικές μεθόδους.

Κάτι τέτοιο θα ήταν αντίθετο τόσο με τις βασικές αρχές της επιστημονικής ηθικής όσο και με το πνεύμα των καιρών που επιτάσσει όλο και μεγαλύτερη διάχυση της επιστημονικής γνώσης μέσω των νέων δικτύων επικοινωνίας. Και αν η τεχνολογία είναι αυτή που δημιουργεί ένα ζήτημα περιορισμού, είναι η ίδια πάλι που δίνει και την απάντηση. Η πρόοδος πλέον είναι τέτοια που ειδικά στο πεδίο της γεωμετρικής καταγραφής και τεκμηρίωσης-ένα τόσο βασικό ζήτημα για κάθε αρχαιολογικό εγχείρημα- ένας απλός αρχαιολόγος με βασικές γνώσεις υπολογιστών και μία απλή ψηφιακή φωτογραφική μηχανή μπορεί να δημιουργήσει τρισδιάστατα μοντέλα μεγάλης ακρίβειας και επιστημονικής εγκυρότητας²¹⁹. Η όλη διαδικασία είναι προσιτή οικονομικά καθώς για την επεξεργασία των δεδομένων μπορεί να βασιστεί σε ανοικτής πρόσβασης λογισμικά. Τα λογισμικά του είδους αυτού έρχονται τόσο σε σύμπνοια αλλά και ως αποτέλεσμα της τάσης για ελεύθερη πρόσβαση σε όλα τα δημιουργήματα της ανθρώπινης διάνοιας, από τραγούδια που ανεβαίνουν ελεύθερα στο διαδίκτυο μέχρι την κατάργηση των περιορισμών πρόσβασης σε επιστημονικά άρθρα και δεδομένα. Αποτελούν ένα νέου τύπου επιχειρηματικό μοντέλο και σταδιακά προβλέπεται πως θα εξελιχθούν στην κυρίαρχη τάση στην αγορά. Παράλληλα, ο κώδικάς τους είναι ανοικτός σε αλλαγές και σε περαιτέρω εξέλιξή τους ώστε αν υιοθετηθούν από την αρχαιολογική έρευνα σε ένα αρχικό στάδιό τους, τότε μπορούν να προσαρμοστούν πάνω στις ιδιαίτερες ανάγκες έρευνας και διαχείρισης των αρχαιολογικών δεδομένων. Η κυριότητα και ιδιοκτησία των δεδομένων παραμένει στα χέρια των χρηστών/αρχαιολόγων ενώ σε άλλες περιπτώσεις εμπορικών λογισμικών η πρόσβαση σε αυτά μπορεί να χαθεί για διάφορους λόγους.

Η ευελιξία στη σκέψη αποτελούσε ανέκαθεν ένα αρχαιολογικό χαρακτηριστικό και εργαλείο που οδηγούσε σε ασφαλέστερα επιστημονικά συμπεράσματα. Η επιστήμη αυτή δημιουργούσε πάντα ερωτήματα ανθρωπιστικού χαρακτήρα για την απάντηση των οποίων όμως χρειαζόταν η συνδρομή των θετικών επιστημών. Πλέον, ο αρχαιολόγος καλείται να μεταλλαχθεί από θεωρητικό του παρελθόντος σε τεχνικό χειριστή ερμηνευτικών εργαλείων μεταφέροντας το πεδίο δημιουργίας της αρχαιολογικής ερμηνείας από τον ανασκαφικό χώρο σε ένα ψηφιακό περιβάλλον. Η ευελιξία για άλλη μία φορά του είναι απαραίτητη ώστε να καταφέρει να διατηρήσει τα ανθρωπιστικά χαρακτηριστικά της επιστήμης του, μη αφήνοντάς την να απορροφηθεί από το τεχνοκρατικό χαρακτήρα που διαμορφώνεται τον περίγυρο αλλά και μέσα στους κόλπους της.

²¹⁹ Doneus et al. 2011

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

Abdulqawi Y., 2007. *Standard-Setting* στο UNESCO: Conventions, Recommendations, Declarations and Charters Adopted by UNESCO (1948–2006), UNESCO, Leiden

Aitken, M.J. 1974. *Physics and Archaeology*. Second edition. Clarendon Press, Oxford

Al-Ruzouq, Rami, 2012. *Photogrammetry for Archaeological Documentation and Cultural Heritage Conservation* στο Special Applications of Photogrammetry, Daniel Carneiro Da Silva (ed)

Andrews G., Barrett J. C. & Lewis J. S. C., 2000 *Interpretation Not Record: The Practice of Archaeological Projects*, Journal of Field Archaeology, 15:4, 431-440

Arnold, C.J., Huggett, J.W., Reilly, P., Springham, C., 1989. *A case study in the application of Computer Graphics*, CAA 17, B.A.R. International Series 548, Oxford, Archaeopress, pp. 147-155.

Avrami, E., Randall M., και De la Torre M., 2000. *Values and Heritage Conservation: Research Report*. Los Angeles, CA, Getty Conservation Institute

Baltsavias, Emmanuel P., 1999. *A comparison between photogrammetry and laser scanning*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 54(2-3), 83-94.

Barazzetti, L., Remondino, F. και Scaioni, M., 2010. *Extraction of accurate tie points for automated pose estimation of close-range blocks* στο Paparoditis, N., Pierrot-Deseilligny, M., Mallet, and C., Tournaire O. (eds.) ISPRS Proceedings, 38(3A)

Barceló J. A. & Pallares M., 1996. *A Critique of GIS in Archaeology. From Visual Seduction to Spatial Analysis*. Archaeologia e Calcolatori, 6, 313-326.

Barcelo J. A., 2000. *Visualizing What Might Be. An Introduction to Virtual Reality in Archaeology* στο Barceló J. A., Forte M. & Sanders D. H. (Eds.), *Virtual Reality in Archaeology*. 9-36. Oxford: Archaeopress.

Barceló J. A., De Castro O., Travet D. & Vicente O. (2003) *A 3D Model of an Archaeological Excavation* στο Doerr M. & Sarris A. (Eds.), *The Digital Heritage of Archaeology. Proceedings of the 30th CAA Conference, Heraklion, Crete, April 2002 (CAA 2002)*. 85-87. Athens: Hellenic Ministry of Culture, Archive of Monuments and Publications.

Barceló J. A. & Vicente O. (2004) *Some Problems in Archaeological Excavation 3D Modelling* στο Ausserer K. F., Börner W., Goriany M. & Karlhuber-Vöckl L. (Eds.), [Enter the Past]. *The E-Way into the Four Dimensions of Cultural Heritage. Computer Applications and*

Barker, P. 1993. *Techniques of Archaeological Excavation*. London.

Berry, D. N. 2008. *Copy, Rip, Burn: The Politics of Copyleft and Open Source*. London: Pluto Press.

Bibby, D. and Ducke, B. 2017 *Free and Open Source Software Development in Archaeology. Two interrelated case studies: gvSIG CE and Survey2GIS*, *Internet Archaeology* 43.

Cardarelli, E, Fishanger, F και Piro, S., 2005. *Geophysical methods to detect buried structures for archaeological prospecting* στο Near Surface. M. J. Aitken(ed): *Physics and archaeology*. Second edition. Oxford: Clarendon Press, 1974

Carrivick, J., Smith M., Quincey D., 2016. *Structure from Motion in the Geosciences.*, Wiley-Blackwell

Castells, M. 1996. *The Rise of the Network Society* στο *The Information Age: Economy, Society and Culture Volume 1*. Oxford: Blackwell.

Cignoni, P., Callieri M., Corsini M., Dellepiane M., Ganovelli F., Ranzuglia G., 2008. *MeshLab: an Open-Source Mesh Processing Tool* στο Eurographics Italian Chapter Conference 2008, Salerno, 129-136.

Clarke, D. (ed.) 1972. *Models in Archaeology*. London: Methuen.

Conolly, J. Lake, M., 2006. *Geographical Information Systems in Archaeology*. Cambridge University Press, New York

Costa, S., Beck, A., Bevan, A. and Ogden, J., 2014. *Defining and advocating open data in archaeology*, στο *Archaeology in the Digital Era: Proceedings of the 40th Annual Conference of Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*.

Cowgill, G.L., 1967. *Computer applications in archaeology*. *Computers and the Humanities* 2(1) 17-23. *The journal Science and Archaeology*.

Crotty, D. 2012. CC-Huh? Fundamental confusions about the role of copyright and the reuse of data. Ανασύρθηκε από <http://scholarlykitchen.sspnet.org/2012/10/30/cc-huh-fundamental-confusions->

De Fuentes F. A., Valle Melon J.M., Rodriguez Miranda A. 2010. *Model of sources: a proposal for the hierarchy, merging strategy and representation of the information sources in virtual models of historical buildings*, CAA conference Proceedings, “Computer Applications and Quantative Methods in Archaeology, Granada, Spain, April 6-9.

De Reu, J., G. Plets, G. Verhoeven, P. De Smedt, M. Bats, B. Cherrette, W. De Maeyer, J. Deconynck, D. Herremans, P. Laloo, M. Van Meirvenne, and W. De Clercq. 2013. *Towards a Three-Dimensional Cost-Effective Registration of the Archaeological Heritage*. *Journal of Archaeological Science* 40:1108-1121.

De Reu, J., P. De Smedt, D. Herremans, M. Van Meirvenne, P. Laloo, and W. De Clercq. 2014. *On Introducing an Image-based 3D Reconstruction Method* στο Archaeological Excavation Practice. Journal of Archaeological Science 41:251-262.

De Roo, B., Ooms, K., Bourgeois, J. και De Maeyer, P., 2014. *Bridging Archaeology and GIS: Influencing Factors for a 4D Archaeological GIS* στο Digital heritage: progress in cultural heritage: documentation, preservation, and protection. 5th International conference on Cultural Heritage (EuroMed 2014), Limassol, Cyprus pp. 186-195.

De Roo, B., Bourgeois, J., De Maeyer, P., 2013. *A survey on the use of GIS and data standards in archaeology*. Int. J. Herit. Digit. Era. 2, 491–507.

Dellepiane, M., Dell'unto, N., Callieri, M., Lindgren, S., Scopigno R. 2013. *Archaeological excavation monitoring using dense stereo matching techniques*. Journal of Cultural Heritage 14: 201-10.

Dell'Unto, Nicoló και Landeschi, Giacomo και Apel, Jan και Poggi, Giulio., 2017. *4D Recording at the Trowel's Edge: Using Three-Dimensional Simulation Platforms to Support Field Interpretation*. Journal of Archaeological Science: Reports. 12. 4D Recording at the Trowel's Edge: Using Three-Dimensional Simulation Platforms to Support Field Interpretation.

Dibble, H. και McPherron, S., 2013. *On the Computerization of Archaeological Projects*, Journal of Field Archaeology, 15:4, 431-440.

Djindjian, F. (2009) *The golden years for mathematics and computers in archaeology (1965-1985)*. Archeologia e Calcolatori, 20. pp. 61-73.

Doneus M, Verhoeven G, Fera M, Briese Ch, Kucera M, Neubauer W. 2011. *From deposit to point cloud – A study of low-cost computer vision approaches for the straight forward documentation of archaeological excavations* στο Proceedings of the 13th International CIPA Symposium Prague 2011, Geoinformatics CTU FCE; 81-88.

Ducke, B., 2012. *Natives of a connected world: free and open source software in archaeology*, World Archaeology, 44 (4), 571–579.

Ducke, B., 2015. *Free and open source software in commercial and academic archaeology: Sustainable investments and reproducible research*. στο T. Wilson and B. Edwards (eds) *Open Source Archaeology: Ethics and Practice*, Warsaw: De Gruyter Open., 92-110.

Eco Umberto, *Πολιτιστικά κοινά: προτάσεις για τη διατήρηση και τη διαχείριση της πολιτιστικής κληρονομιάς*, Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη, 1992

Edward, J., 1992. *Modern Trends in Photogrammetry*, XVII. ISPRS Congress, Washington, DC

Edwards B. και Wilson A., 2015. *Open Archaeology: Definitions, Challenges and Context* στο *Open Source Archaeology: Ethics and Practice*, Chapter: *Open Source GIS and Geospatial Software in Archaeology: Towards their Integration into Everyday Archaeological Practice*, Publisher: De Gruyter, Editors: Andrew T. Wilson, Ben Edwards

Fagan, Brian, *The Oxford Companion to Archaeology*, Oxford University Press, 1996.

Forte, M., Dell'Unto N., Issavi J., Onsurez L., και Lercari N., 2012. *3D Archaeology at Catalhöyük*. *International Journal of Heritage in the Digital Era* 1:351–78.

Forte, M., Dell'Unto, N., Jonsson, K. and Lercari, N. (2015) *Interpretation Process at Catalhöyük using 3D* στο 20th Annual Meeting of the European Association of archaeologists (EAA2014), 10-14 September 2014, Istanbul, Turkey.

Freeman, A., 1852. *The Preservation and Restoration of Ancient Monuments*, Oxford

Frischer, B., Niccolucci, F., Ryan, N. S. και Barceló, J. A. 2002. *From CVR to CVRO: the past, present, and future of cultural virtual reality* στο F. Niccolucci (ed.), *Virtual Archaeology, Proceedings of the VAST Conference, Arezzo, Italy*, B.A.R. International Series 834, Oxford: Archaeopress: 7-18.

Furukawa, Y., Curless, B., Seitz, S.M., Szeliski, R., 2010. *Towards internet-scale multi-view stereo*, *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2010, 1434-1441.

Gardin, J. C., 1959. *On the Coding of Geometrical Shapes and other Representations, with Reference to Archaeological Documents* στο *Proceedings of the International Conference on Scientific Information*, Washington, D.C., 16 – 21.

Georgopoulos A. και Stathopoulou E.K., 2017. *Data Acquisition for 3D Geometric Recording: State of the Art and Recent Innovations* στο *Heritage and Archaeology in the Digital Age*, Springer.

Green, S., Bevan, A., Shapland, M, 2014. *A Comparative Assessment of Structure from Motion Methods for Archaeological Research*. *Journal of Archaeological Science*. 46,173-181.

Gruen, A., *Digital close-range photogrammetry* στο invited paper to G. Togliatti Memorial about the role of copyright and the reuse of data (accessed 7 November 2012).

Haklay, M. 2011. *Citizen science as participatory science*. Ανασύρθηκε από <http://povesham.wordpress>.

Hanson V.D. και Heath J., 1999. *Who Killed Homer? The Demise of Classical Education and the Recovery of Greek Wisdom*. New York: The Free Press.

Hawker J. M. (2001) *Manual of Archaeological Field Recording*. Hertford: RESCUE - the British Archaeological Trust

Hodder, Ian, and Scott Hutson. 2003. *Reading the past: current approaches to interpretation in archaeology*. Cambridge [England]: Cambridge University Press

Howland M. D., Kuester F., και Levy T.E., 2014. *Structure from Motion: Twenty-First Century Field Recording with 3D Technology*. *Near Eastern Archaeology*, 77(3), 187-191.

Ioannides M. et al. (eds.), 2017. *Mixed Reality and Gamification for Cultural Heritage*, Springer

Jockey, P., 2003. *Η γέννηση της σύγχρονης αρχαιολογίας*, περιοδικό Αρχαιολογία, τεύχος 87, σελ. 8-17.

Johnson, M., 2009. *Archaeological Theory: An Introduction*. 2nd Edition, Wiley Desktop Editions

Kansa, E. C. and Bissell, A., 2010. *Web syndication approaches for sharing primary data in "small science" domains*, Data Science Journal 9, 42–53.

Kansa, E. C, Kansa, S. W, και Watrall, E. 2011. *Archaeology 2.0: New Approaches to Communication and Collaboration*. Ανασύρθηκε από <https://escholarship.org/uc/item/1r6137tb>

Katz, J. και Tokovinine, A., 2017. *The past, now showing in 3D: An introduction στο Recent Digital Applications στο Archaeology and Cultural Heritage Articles*, 1-3.

Kersten T. και Lindstaedt, M., 2012. *Image-Based Low-Cost Systems for Automatic 3D Recording and Modelling of Archaeological Finds and Objects* στο Ioannides et al. (eds.) Progress in Cultural Heritage Preservation: 4th International Conference, EuroMed 2012, Limassol, Cyprus, October 29 – November 3, 2012.

Klemens, B., 2006. *Math you can't use. Patents, Copyright, and software*. Washington, D. C.: Brookings Institution Press.

Kooi S., 2013. *Using Visual SFM and Meshlab for creating 3-D models: Guidelines for using SfM in field archaeology*.

Koutsoudis A. και Chamzas C., 2006. *3D Pottery Shape Matching Using Depth Map Images*, Journal of Cultural Heritage, Vol. 12:128-133.

Koutsoudis, A., Vidmar, B., Ioannakis, G., Arnaoutoglou, F., Pavlidis, G., Chamzas, C., 2014. *Multi-image 3D reconstruction data evaluation*. Journal of Cultural Heritage, 15(1): 73-79.

Krueger M.,1983. *Artificial Reality*, London, Addison-Wesley

Lake, M, 2012.*Open archaeology*, World Archaeology 44(4), 471–478.

Latour, B.,1986. *Visualization and Cognition: Thinking with eyes and hands*. Knowledge and Society 6:1-40.

Lercari, N., 2017. *3D Visualization and Reflexive Archaeology: A Virtual Reconstruction of Catalhöyük*, UC Merced. Ανασύρθηκε από <https://escholarship.org/uc/item/4kn6h3t9>

Linford, N., 2006. *The application of geophysical methods to archaeological prospection*. Reports on Progress in Physics στο Reports on Progress in Physics 69(7), 2205

Liritzis I. και Laskaris N.,2011.*Fifty years of Obsidian Hydration Dating in Archaeology*, Journal of non-Crystalline Solids, 357, 2011:2011--2023.

Llobera, M., 2011. *Archaeological Visualization: Towards an Archaeological Information Science (AISc)*. Journal of Archaeological Method and Theory. 18. 193-223.

Lock, G. 2003. *Using Computers in Archaeology. Towards virtual pasts*, London, Routledge

López, B., Jiménez, A., G., Romero, S., García, L.,E., Martín, F., S., Águeda, L., Jose, E. 2016. *3D modelling in archaeology: The application of Structure from Motion methods to the study of the megalithic necropolis of Panoria (Granada, Spain)*. Journal of Archaeological Science: Reports. 10. 495-506.

Lucas G., 2001. *Critical Approaches to Fieldwork: Contemporary and Historical Archaeological Practice*, Routledge.

Marble D. F., 1990. *The Potential Methodological Impact of Geographic Information Systems on the Social Sciences* στο Allen K. M. S., Green S. W. και Zubrow E. B. W. (Eds.), *Interpreting Space: GIS and Archaeology*. 9-21. London: Taylor and Francis

McGlone, J. C., Mikhail, E. M. and Bethel, J., 2004. *Manual of Photogrammetry*. Fifth edition. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Bethesda, Maryland, USA

Morin, A., Urban, J., Adams, P., Foster, I., Sali, A., Baker, D. and Sliz, P., 2012. *Shining light into black boxes*, *Science* 336 (6078), 159–160.

Moscato P., 2016. *Jean-Claude Gardin and the Evolution of Archaeological Computing*, *Les nouvelles de l'archéologie*, 144, 10-13.

Munz, P., 1977. *The Shapes of Time: A New Look at the Philosophy of History*. Middletown, Conn. Wesleyan University Press.

Núñez, A., Buill, F. and Edo, M. (2013) *3D model of the Can Sadurní cave*. *Journal of archaeological Science*, 40, 12, 4420-4428.

Keefe P.J. και L.V. Prott, 2011. *Cultural Heritage Conventions and Other Instruments: A Compendium with Commentaries*. Bournemouth, United Kingdom: Institute Of Art And Law.

Patay-Horvath, 2011. *The complete virtual 3D reconstruction of the east pediment of the temple of Zeus*, *ISPRS*, Volume XXXVIII-5/W16, 53-59.

Patias P., Stylianidis E., Tsoukas V. και Gemenetzi D., 1999. *Rapid Photogrammetric Survey and GIS Documentation of Pre-Historic Excavation Sites*. CIPA International Symposium

Pavlidis G., Koutsoudis A., Arnaoutoglou F., Tsioukas V. και Chamzas C., 2007. *Methods for 3D digitization of Cultural Heritage*, *Journal of Cultural Heritage*, Volume 8, Issue 1, 93-98.

Pescarin, S., 2009. *Open Source in archeologia: ArcheoFOSS*. Volume, *Archeologia e Calcolatori* supplemento 2 στο Cignoni P., Palombini S, Pescarin S. (eds.) ARCHEOFOSS Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica. Atti del IV Workshop

Petzet, M. και Ziesemer J.(eds.), 2004. *International Charters for Conservation and Restoration* ¼ *Chartes Internationales sur la Conservation et la Restauration* ¼ *Cartas Internacionales sobre la Conservacion y la Restauraci* στο *Documentation* (ICOMOS, München)

Petrie W. M. F.,1904. *Methods and Aims in Archaeology*. London: Macmillan

Richards, J. D. (1998). *Recent trends in computer applications in archaeology*. *Journal of archaeological research*, 6(4), 331-382.

Roskams S. (2001) *Excavation*. Cambridge: Cambridge University Press.

Ross S., Stanton B.B., Sobotkova A. και Crook P., 2015. *Building the Bazaar: Enhancing Archaeological Field Recording Through an Open Source Approach* στο *Open Source Archaeology: Ethics and Practice*, edited by Andrew T Wilson and Ben Edwards, 111–29. Warsaw, Poland: De Gruyter Open.

Russell, I. A. και Cochrane, A. 2014, *Art and Archaeology: Collaborations, Conversations, Criticisms*, New York: Springer

Sarris, A., Peraki, E., Chatzoyiannaki, N., Elvanidou, M., Kappa, E., Kakoulaki, G., Karimali, E., Katifori, M., Kouriati, K., Papadakis, G., Papadopoulos, N., Papazoglou, M., Trigkas, V. και Athanasaki, K.,2009. *Time drilling through the past of the island of Crete* στο *Technology and methodology for archaeological practice: Practical applications for the past reconstruction / Technologie et méthodologie pour la pratique en archéologie: applications pratiques pour la reconstruction du passé*. Proceedings of the 15th UISPP congress, held in Lisbon, Portugal, September 2006, Velho, A. και Kamermans, H. (ed.), Archaeopress, Oxford, 115-123.

Sarris, Apostolos και Déderix, Sylviane., 2014. *GIS for Archaeology και Cultural Resources Management in Greece. Quo Vadis?*, Proceedings of the 3rd Conference Arch_RNT on Archaeological Research and New Technologies., 31-39.

Sarris, Apostolos, Manataki, Meropi, Driessen, Jan και Déderix, Sylviane.,2017. *Revealing the structural details of the minoan settlement of Sissi, eastern Crete, through geophysical investigations*, 12th International Conference of Archaeological Prospection, Bradford, 206-208.

Sarris, A., Papadopoulos, N., Dederix, S, Monahan, S., 2015. *Χαρτογραφική Αποτύπωση του Προϊστορικού Οικισμού στο Παλαμάρι Σκύρου μέσω Γεωφυσικών Τεχνικών στο Παρλαμά κ.α.,Ο Οχυρωμένος Προϊστορικός Οικισμός στο Παλαμάρι Σκύρου*, 167-188.

Scianna, A., και Villa, B.,2012. *GIS applications in archaeology*. ARCHEOLOGIA E CALCOLATORI, N. 22, 337-363.

Shanks, M., 2007. *Symmetrical archaeology*. World Archaeology, 589-596.

Schnapp A., 1993. *La conquête du passé*. Aux origines de l'archéologie. Paris, Éditions Carré.

Sobotkova, A., 2013.*The use of information technology in australian archaeology: the FAIMS digital data survey report.*, Ανασύρθηκε <https://fedarch.org/documents/DigitalDataSurveyReport.pdf>

Tapinaki S. et al., 2016. *Development of a georeferenced archaeological information data base for Eleutherna in Crete*, Proceedings of the 8th International Congress on Archaeology ,Computer Graphics ,Cultural Heritage and Innovation ‘ARQUEOLÓGICA 2.0’ , Valencia (Spain)

Thakur K.V., Damodare O., Sapkal A.M.,2016.*Poisson Noise Reducing Bilateral Filter*, Procedia Computer Science, Volume 79:861-865.

Toews, J.E.,2004. *Becoming Historical: Cultural Reformation and Public Memory in Early Nineteenth-Century Berlin*, Cambridge University Press

Trigger, Bruce G., 1989. *History of Archaeological Interpretation*, Cambridge University Press, 1989

Truncer J., 2008, *Dating Methods,Overview*.Encyclopedia of Archaeology, San Diego, Elsevier/Academic Press.

Tsiafaki, D. et al., 2016. *Virtual reassembly and completion of a fragmentary drinking vessel*. Virtual Archaeology Review, v. 7, n. 15, 67-76.

Tsiafakis, D. και Michailidou, N., 2014. *The use of 3D in Archaeology: Advantages and Disadvantages* στο 20th Annual Meeting of the European Association of Archaeologists (EAA). Istanbul.

Tsiafakis D., Tsirliganis N., Pavlidis G., Evangelidis V. και Chamzas C., 2004. *Karabournaki-Recording the Past: The Digitization of an Archaeological Site* στο Cappellini V. και Hemsley J. (Eds.), EVA 2004: Conference of Electronic Imaging and the Visual Arts, Florence.

Tsipidis, S., Koussoulakou, A., Kotsakis, K., 2011. *Geovisualization and Archaeology: Supporting Excavation Site Research* στο Ruas, A. (ed.) Advances in Cartography and GIScience, pp. 85–107. Springer, Berlin

Tufte, E.R., *Envisioning Information*, Chesire, 1990

Van Dyke, R.M., 2006. *Seeing the past: visual media in archaeology*, *American Anthropologist* 108(2), 370-75.

Verhoeven, G., Doneus, M., Briese, C., Vermeulen, F., 2012. *Mapping by matching: a computer vision-based approach to fast and accurate georeferencing of archaeological aerial photographs*, *Journal of Archaeological Science* 39, 2060-2070.

Wagner GA (ed), 2007. *Einführung in die Archaometrie*. Springer, Berlin Heidelberg

Watterson, A., 2015. *Beyond Digital Dwelling: Re-thinking Interpretive Visualisation in Archaeology*. Open Archaeology, 1

Wheatley, D. και Gillings, M., 2002. *Spatial Technology and Archaeology: The Archaeological Applications of GIS*. Taylor και Francis, London

Wheeler M., 1954. *Archaeology from the Earth*. Harmondsworth, Middlesex: Penguin Books.

Wilcock, J.D., 1999. *The Best Fit? 25 Years of Statistical Techniques in Archaeology* στο Dingwall, L., Exon, S., Gaffney, V., Laflin, S. and Vanleusen, M. (eds) *Archaeology in the Age of the*

Internet. CAA97. Computer Application and Quantitative Methods in Archaeology. Proceedings of the 25th Anniversary Conference, Birmingham, April 1997. BAR International Series 750. Oxford: Archaeopress. p. 35 - 52.

Wilcock, J.D., 1973. *A general survey of Computer Applications in Archaeology*, CAA 1, Straford: George Street Press, 17-21.

Witmore C. L., 2005. *Multiple Fields Approaches in the Mediterranean: Revisiting the Argolid Exploration Project*. (διδασκτορική διατριβή). Department of Anthropology and the Archaeology Center. Stanford: Stanford University.

Wu, C., Agarwal S., Curless B. και Seitz M., 2011, *Multicore Bundle Adjustment*, ανασύρθηκε από grail.cs.washington.edu/projects/mcba/pba.pdf.

Wu C., 2011. *VisualSFM: A Visual Structure from Motion System*, ανασύρθηκε από homes.cs.washington.edu/~ccwu/vsfm

Wu, C. 2013 *Towards linear-time incremental Structure from Motion* στο IEEE International Conference on 3D Vision-3DV, June 29–July 1, 2013, pp. 127–134. Seattle, WA.

ΕΛΛΗΝΟΦΩΝΗ

Γεωργόπουλος, Α., *Πανεπιστημιακές Σημειώσεις*, 2013

Γεωργόπουλος, Α., *Πανεπιστημιακές Σημειώσεις*, 2016

Γεωργόπουλος Α. και Μπαλοδήμος Δ., 2007. *Σύγχρονες Τεχνολογίες στη Γεωμετρική Τεκμηρίωση Μνημείων*, Παρουσίαση για τα 170 χρόνια του Πολυτεχνείου Ε.Μ.Π.

Ευαγγελίδης, Β. (2003). *Τρισδιάστατες απεικονίσεις – αποκαταστάσεις και εικονική πραγματικότητα στην αρχαιολογία*. ΕΓΝΑΤΙΑ 7, 243-258.

Στεφάνου Ι.Ν., *Η έννοια του μνημείου και η ιδεολογία προστασίας του*, Πρακτικά 6ου Συνεδρίου Αθηνών Αρχαιολογικής Εταιρείας,. Αθήνα 9-13.5.1984

Σταμπολίδης Ν.Χ., 2004. *Ελεύθερα Πόλη – Ακρόπολη – Νεκρόπολη*, κατάλογος έκθεσης, Αθήνα

Ινστιτούτο Πολιτιστικής και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,2005. *Εγχειρίδιο τρισδιάστατης ψηφιοποίησης ακίνητων μνημείων και χώρων*, DIGITECH III: Μελέτη τεχνολογιών ψηφιοποίησης σε τρεις διαστάσεις

Λυριτζής,Ι.,1994.*Αρχαιομετρία.Μέθοδοι χρονολόγησης στην αρχαιολογία*, εκδόσεις Καρδαμίτσα, Αθήνα

Καραδέδος Γ., 1998.*Ιστορία και Θεωρία της Αποκατάστασης*, Δ.Π.Μ.Σ. πολυτεχνικής Σχολής Α.Π.Θ., «Προστασία, Συντήρηση και Αποκατάσταση Μνημείων Πολιτισμού», Θεσσαλονίκη.

Κατσιάνης, Μ., 2012. *Ανασκαφική μεθοδολογία και σχεδιασμός πληροφοριακού συστήματος για τη διαχείριση αρχαιολογικών τεκμηρίων*. Αφοι Κυριακίδη, Αθήνα.

Κουκουζέλη, Α., *Μέθοδοι ανεύρεσης και χρονολόγησης της αρχαιολογικής μαρτυρίας*, στο Κουκουζέλη, Αλ., Μανακίδου, Ε., Σμπόνιας, Κ.,2003. Αρχαιολογία στον Ελληνικό Χώρο – Τόμος Α', Πάτρα, ΕΑΠ

Κουρτζέλλης Ι.,2008.*Εικονική αρχαιολογία και η συμβολή των τρισδιάστατων γραφικών στην αρχαιολογική έρευνα*, Αρχαιολογία και Τέχνες,τ.109, σ.87-94.

Κουρτζέλλης,Ι., 2009. *Κριτική προσέγγιση των ψηφιακών τρισδιάστατων αναπαραστάσεων μνημείων*, Αρχαιολογία και Τέχνες,τ.113,11-16.

Κωτσάκης 2000,*Ανασκαφή*. Εγκυκλοπαίδεια της Τέχνης 39-41.

Λιανός Ν.,2013. *Η χρήση της τρισδιάστατης ψηφιακής μεθοδολογίας, στη μελέτη, προστασία και ανάδειξη μνημείων και ιστορικών συνόλων.*, 2^ο Συνέδριο Ιστορίας Δομικών Κατασκευών, Ξανθη 5-7 Δεκεμβρίου 2014

Μαλλούχου Tufano, Φ.,2016.*Προστασία και Διαχείριση Μνημείων*. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/6466>

Μητούλα Ρ.,1999. *Η προστασία της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς*,Αρχαιολογία και Τέχνες,τ.72, σ.67-71.

Μπιτσάνη Π.Ε., 2004. *Πολιτισμική διαχείριση και Περιφερειακή Ανάπτυξη: σχεδιασμός πολιτιστικής πολιτικής και πολιτιστικού προϊόντος*, Διόνικος, Αθήνα,

Πατιάς Π., 1991. *Εισαγωγή στην Φωτογραμμετρία*, Εκδ. Ζήτη, Θεσσαλονίκη

Πατιάς Π., 2009. *Φωτογραμμετρία και τεκμηρίωση αρχαιολογικών χώρων και ευρημάτων με απλά λόγια*. Ανάσκαμμα 02

Πολυχρονοπούλου, Ό., 2003, *Οι βασικές αναφορές των πρώτων αρχαιολόγων*, περιοδικό “Αρχαιολογία”, τεύχος 86, σελ 19-23.

Τιβέριος Μ., Μανακίδου Ε., Τσιαφάκη Δ., 1999. *Ανασκαφικές έρευνες στο Καραμπουρνάκι κατά το 1999. Ο αρχαίος οικισμός*, Αρχαιολογικό Έργο Μακεδονίας Θράκης 13

Τιβέριος, Μ. 2010, *Εφαρμογή νέων τεχνολογιών στην Αρχαιολογία*, Ανάσκαμμα 04.

Τζανάκης Δ.Β., 2014. *Χρήση λογισμικού για την 3D ψηφιακή καταγραφή αντικειμένων και μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς με σκοπό την αξιοποίησή τους στην εκπαίδευση στο Πανελλήνιο Συνέδριο «Η εκπαίδευση στην εποχή των Τ.Π.Ε.*

Τσιαφάκη, Δ., 2003. *Εφαρμογές στη Σύγχρονη Τεχνολογία στις Ανασκαφικές Έρευνες του Αρχαίου Οικισμού*. Το Αρχαιολογικό Έργο στη Μακεδονία και τη Θράκη 17, Θεσσαλονίκη, 205- 212.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ (τελευταία επίσκεψη Ιούνιος 2018)

<https://en.unesco.org/courier/2017-october-december/historic-resolution-protect-cultural-heritage>

<http://ccwu.me/vsfm/>

<http://cipa.icomos.org/about/whatiscipa/>

<http://network.icom.museum/icom-greece/pliories/to-elliniko-tmima/>

<http://suitpossum.blogspot.gr/2013/11/building-creative-commons-five-pillars.html>

<http://www.fox5dc.com/news/tomb-of-christ-3d-virtual-exhibit-at-national-geographic-museum-lets-visitors-experience-holy-site>

http://www.ipet.gr/digitech2/index.php?option=com_content&task=view&id=62&Itemid=53

http://www.ipet.gr/digitech2/index.php?option=com_content&task=view&id=64&Itemid=53

<http://www.jerusalem-patriarchate.info/main/page/ιερο-κουβουκλιο>

<http://www.meshlab.net/>

<http://www.nikias.gr/ell/categories/αρχαιομετερία>

<http://www.searlecanada.org/misc/abusimbeldata3.html>

<http://www.ysma.gr/γεωμετρική-τεκμηρίωση>

<https://archphotogrammetry.com/tag/visualfm/>

https://en.wikipedia.org/wiki/Business_models_for_open-source_software

https://en.wikipedia.org/wiki/International_Council_on_Monuments_and_Sites

<https://techcrunch.com/2016/02/09/the-money-in-open-source-software>

<https://whc.unesco.org/en/activities/172>

<https://whc.unesco.org/en/conventiontext/>

<https://www.icomos.org/en/>

<https://www.icomoshellenic.gr/>

<https://www.ntua.gr/el/180-years-ntua/item/69-i-apokatastasi-tou-ieroy-kouvoukliou-tou-panagiou>

www.coe.int/en/web/conventions/full-list/-/conventions/treaty/121

<https://www.icomos.org/en/charters-and-texts/179-articles-en-francais/ressources/charters-and-standards/167-the-athens-charter-for-the-restoration-of-historic-monuments>

www.londoncharter.org/

www.opendefinition.org

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Εγκατάσταση Λογισμικού

Η λήψη του λογισμικού²²⁰ γίνεται από την επίσημη ιστοσελίδα <http://cswu.me/vsfm>. Ανάλογα με τις προδιαγραφές και το λειτουργικό σύστημα του Η/Υ επιλέγεται το κατάλληλο αρχείο. Επιπλέον, το λογισμικό πρέπει να συνοδεύεται από τα αρχεία PVMS (Patch-Based Multi-view Stereo) και CMVS (Clustering Views for Multi-View Stereo). Τα επιμέρους λογισμικά διατίθενται και τα δύο στο <https://github.com/pmoulon/CMVS-PMVS>, αλλά και ξεχωριστά στα <http://www.di.ens.fr/pmvs>, <http://www.di.ens.fr/cmvs>. Η εγκατάσταση όλων των αρχείων πρέπει να γίνει στον ίδιο φάκελο και να βρίσκονται στο ίδιο path τα εξής αρχεία: VisualSFM.exe, pmvs2.exe, cmvs.exe, genOption.exe.

Βασικές λειτουργίες

και shortcuts Αριστερό κλικ:

pan

Δεξί κλικ: rotate

Ροδέλα κύλισης: zoom

Ctrl+Κύλιση: προσαρμογή

μεγέθους εικόνων Alt+Κύλιση:

προσαρμογή μεγέθους σημείων

Tab key: Εναλλαγή μεταξύ αραιού και πυκνού νέφους σημείων



Εμφάνιση/Κλείσιμο Log Window.

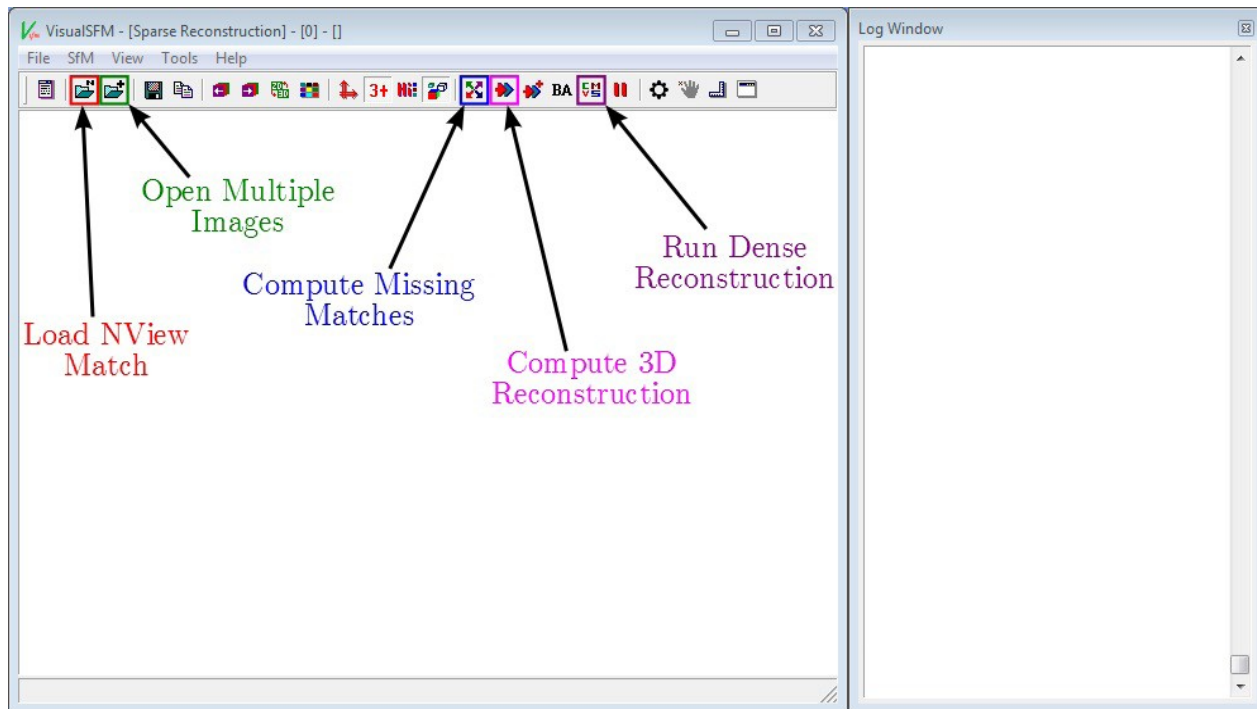


²²⁰ Το παρόν εγχειρίδιο αποτελεί δημιουργία της κ. Μ.Σκαμαντζάρη και δημοσιεύεται εδώ με την άδεια της.

Εναλλαγή των 2D και 3D Views.

Βασική ροή εργασιών

Το λογισμικό VisualSfM δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργήσει ένα τρισδιάστατο πυκνό νέφος σημείων με λίγα μόνο βήματα. Επιπλέον έλεγχος και τροποποίηση των παραμέτρων για κάθε στάδιο της διαδικασίας γίνονται από το αρχείο `pn.ini`, το οποίο ανοίγει ταυτόχρονα με την έναρξη μιας εργασίας στο λογισμικό. Οι τροποποιήσεις αφορούν τα στοιχεία των εικόνων, τον εσωτερικό προσανατολισμό, τη συνόρθωση κατά δέσμες, κ.ά.



Εισαγωγή εικόνων

Η εισαγωγή των εικόνων γίνεται είτε με την επιλογή `Load NView Match`, όπου επιλέγεται ένα αρχείο `.txt` με τα `paths` των εικόνων, είτε με την επιλογή `Open Multiple Images`, όπου επιλέγονται απευθείας οι εικόνες. Ο τύπος αρχείου των εικόνων μπορεί να είναι `.jpg`, `.ppm`, `.pgm`. Επιπλέον, η εισαγωγή των εικόνων μπορεί να γίνει με την επιλογή “All JPEGs in Folder” στο `Load NView Match`, στην περίπτωση που οι εικόνες βρίσκονται στον ίδιο φάκελο με το `project`.

Εντοπισμός σημείων (Matching Images)

Για τον εντοπισμό και την αντιστοιχία των σημείων εφαρμόζεται πρώτα η μέθοδος SIFT (Scale Invariant Feature Transform) και στη συνέχεια η εύρεση στοιχείων ανταπόκρισης με βάση τα ζεύγη εικόνων (Full Pairwise Image Matching). Στο τέλος της διαδικασίας εμφανίζεται στο φάκελο των εικόνων ένα επιπλέον αρχείο `.sift` και ένα `.mat` για κάθε εικόνα. Εάν τα ζεύγη των εικόνων είναι ήδη γνωστά, υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας και φόρτωσης στο λογισμικό ενός αρχείου `.txt` με τα `paths` των εικόνων. Τα ζεύγη των εικόνων φορτώνονται από το SfM Menu, στο `Pairwise Matching` με την εντολή `Compute Specied Match`. Με την εντολή

Compute Missing Matches πραγματοποιείται εκ νέου πλήρης αντιστοίχιση των εικόνων ανά ζεύγη. Επίσης, το VisualSfM μπορεί να πραγματοποιήσει αντιστοίχιση εικόνων που προέρχονται από βίντεο με την εντολή Compute Sequence Match στο SfM Menu.

Δημιουργία Αραιού Νέφους Σημείων (Compute 3D Reconstruction)

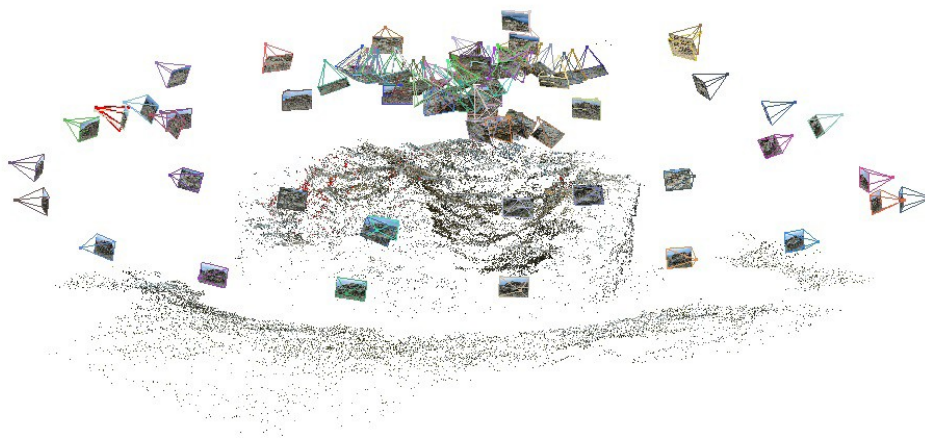
Το αραιό νέφος σημείων δημιουργείται με τη συντόμευση Compute 3D Reconstruction ή με την επιλογή Reconstruct Sparse από το SfM Menu. Εάν για κάποιο λόγο το VisualSfM ξεκινά εκ νέου τη δημιουργία του νέφους σημείων κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, πρέπει η εντολή να εκτελεστεί ξανά αφού πρώτα αφαιρεθούν οι εικόνες που το λογισμικό δεν μπορεί να τις συνδέσει. Αυτό μπορεί να γίνει κάνοντας δεξί κλικ στις εικόνες και επιλέγοντας τη συντόμευση “Remove Selected Camera/Points” στο SfM Menu.

Στο περιβάλλον του λογισμικού εμφανίζονται μόνο τα σημεία που εντοπίστηκαν σε τρεις και περισσότερες εικόνες. Ωστόσο, μπορεί να πραγματοποιηθεί εναλλαγή ανάμεσα στην εμφάνιση μόνο αυτών των σημείων ή όλων των υπολογισμένων σημείων αντιστοίχισης, κάνοντας κλικ στη συντόμευση “Show Points Seen by 3+ Cameras” (3+).

Μετασχηματισμός νέφους με GCPs ή GPS

Η γεωαναφορά του παραγόμενου νέφους σημείων μπορεί να επιτευχθεί με τη χειροκίνητη προσθήκη σημείων ελέγχου γνωστών συντεταγμένων (GCP based Transform) ή με την εκμετάλλευση των δεδομένων EXIF κάθε εικόνας κατά τη στιγμή της λήψης, στην περίπτωση που αυτή φέρει στοιχεία GPS για τη θέση της φωτογραφικής μηχανής (GPS based Transform).

Ο χρήστης ανοίγει και ελέγχει κάθε εικόνα ξεχωριστά για την ύπαρξη φωτογραμμετρικών στόχων, ώστε να εισαχθούν οι συντεταγμένες για κάθε έναν από αυτούς. Ο χρήστης επιλέγει από το View την επιλογή



Single Image. Στη συνέχεια κρατώντας πατημένο το Ctrl + αριστερό κλικ στο κέντρο του φωτογραμμετρικού

στόχου εμφανίζεται το πλαίσιο διαλόγου για την εισαγωγή των συντεταγμένων. Οι τιμές που απαιτούνται είναι τα XYZ κάθε σημείου, ενώ προεπιλεγμένο είναι το όνομα κάθε σημείου το οποίο μπορεί να είναι αλφαριθμητικό, αλλά πρέπει να ξεκινά από γράμμα (π.χ. T440 12.50810.138 1.973).

Πατώντας το αριστερό ή δεξί βέλος ο χρήστης προχωρά σε άλλη εικόνα και επαναλαμβάνει τη διαδικασία. Μόλις οι πληροφορίες καταχωρηθούν για ένα στόχο, το όνομα και οι τιμές XYZ αποθηκεύονται, έτσι ώστε ο χρήστης να επιλέγει κατευθείαν το σημείο από το αναπτυσσόμενο μενού στο παράθυρο διαλόγου.



Εάν ο χρήστης τοποθετήσει το δείκτη του ποντικιού πάνω από ένα GCP που έχει ήδη αναγνωριστεί, εμφανίζεται ένα πλαίσιο γύρω του και πατώντας Ctrl + αριστερό κλικ επεξεργάζεται το GCP. Αφού οριστούν αρκετά GCPs σε πολλές εικόνες, στο παράθυρο “Log Window” εμφανίζεται το μήνυμα “Transformation estimated successfully”. Με το πέρας αυτής της διαδικασίας ο χρήστης επιλέγει τη συντόμευση μετασχηματισμού με βάση τα GCPs ή την εντολή GCP-based Transformation από το SfM Menu στην επιλογή More Functions. Αυτό εφαρμόζει τον εκτιμώμενο μετασχηματισμό στο αραίο νέφος σημείων. Το νέφος σημείων θα πρέπει τώρα να είναι γεωαναφερμένο και να επισημαίνονται τα GCPs στο 3D περιβάλλον. Στο Log Window εμφανίζονται οι παράμετροι μετασχηματισμού και τα σφάλματα των μετασχηματισμένων GCPs.

Αυτόματη αναγνώριση στόχων

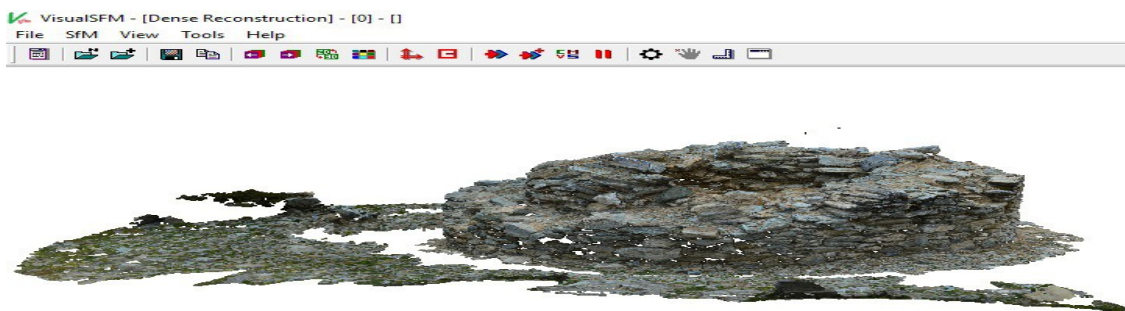
Το λογισμικό δεν παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα αυτόματης αναγνώρισης φωτογραμμετρικών στόχων στις εικόνες. Ωστόσο, έχει αναπτυχθεί σχετικός αλγόριθμος για την αυτοματοποίηση της συγκεκριμένης διαδικασίας από τον Μανωλόπουλο Κ., στο πλαίσιο της διπλωματικής του εργασίας.²²¹ Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος λειτουργεί με τους στόχους του λογισμικού Photoscan, της Agisoft, ενώ η διαδικασία απαιτεί ενέργειες επεξεργασίας εικόνων, λήψης και χρήσης των

²²¹ Μανωλόπουλος Κ., 2017. Ανάπτυξη Κωδικοποίησης για Αυτόματη Αναγνώριση Στόχων και Χρήση στο Λογισμικό Visual SFM. Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

γεωμετρικών στοιχείων κάθε εικόνας, αλλά και τροποποίηση των παραμέτρων και συνθηκών για την ορθότερη εξαγωγή αποτελεσμάτων.

Δημιουργία πυκνού νέφους σημείων (Dense Reconstruction)

Με το εργαλείο PMVS / CMVS δημιουργείται το πυκνό νέφος σημείων. Αυτό επιτυγχάνεται με την εντολή Reconstruct Dense στο SfM Menu ή κάνοντας κλικ στη συντόμευση Run Dense Reconstruction. Στο πλαίσιο διαλόγου που εμφανίζεται ο χρήστης πρέπει να αποθηκεύσει ένα αρχείο [όνομα] .nvm, ώστε το VisualSfM να δημιουργήσει ένα φάκελο στη συγκεκριμένη θέση, όπου θα εκτελείται το πρόγραμμα CMVS και θα αποθηκεύονται τα μηνύματα. Το παραγόμενο πυκνό νέφος σημείων αποθηκεύεται αυτόματα στη θέση αυτή με τη μορφή .ply.



Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει σημεία από το παραγόμενο νέφος με ένα παραλληλόγραμμο, το οποίο εμφανίζεται στο περιβάλλον του λογισμικού, καθώς και να τα σβήσει πατώντας DELETE. Κρατώντας πατημένο το Ctrl ή το Alt ο χρήστης μπορεί να προσθέσει ή να αφαιρέσει αντίστοιχα επιπλέον σημεία στην επιλογή που έχει ήδη κάνει.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Το λογισμικό VisualSfM υστερεί στις διαδικασίες μετεπεξεργασίας του πυκνού νέφους σημείων, δηλαδή στη δημιουργία του τρισδιάστατου πλέγματος τριγώνων, στην απόδοση υφής, την παραγωγή ορθογωγραφιών, κ.ά. Για αυτό το λόγο προτείνεται στο χρήστη η εξαγωγή του πυκνού νέφους σημείων και η περαιτέρω επεξεργασία του σε άλλα λογισμικά, όπως είναι το MeshLab, το CloudCompare, κ.ά.

Ενδεικτική Βιβλιογραφία

<http://ccwu.me/vsfm/>

https://d32ogooqmya1dw8.cloudfront.net/files/getsi/teaching_materials/high-rez-topo/visual_sfm_tutorial.pdf

Μανωλόπουλος Κ., 2017. Ανάπτυξη Κωδικοποίησης για Αυτόματη Αναγνώριση Στόχων και Χρήση στο Λογισμικό VisualSfM. Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

3D Reconstruction Part 1 : Visual SfM Installation and Basic Usage Tutorial: https://www.youtube.com/watch?v=Z61_6ehH3nQ&ab_channel=KyleYounkin

Structure From Motion Workflow - VisualSFM, CPMVS, Meshlab, Blender:
https://www.youtube.com/watch?v=ZRTEMKS3Sw0&ab_channel=DavePSB

