

ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΙΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΠΑΡΘΕΝΙΟΣ, ΘΕΑΝΩ ΑΝΔΡΟΥΛΑΚΗ

Οι Ψηφιακές τεχνολογίες στην υπηρεσία της πολιτιστικής Κληρονομιάς

Στη σύγχρονη εποχή οι χρήσεις των ψηφιακών μέσων εφαρμόζονται στο πεδίο των αρχαιολογικών ερευνών για εργασίες αποτύπωσης, καταγραφής και αρχειοθέτησης αρχαιολογικών χώρων, μνημείων και ευρημάτων. Σημαντική και συνεχώς εξελισσόμενη είναι η χρήση των σύγχρονων τεχνολογιών στα εργαστήρια και στα εργοτάξια όπου εκτελούνται έργα συντήρησης και αποκατάστασης αρχαιολογικών ευρημάτων και μνημείων.

Η ανασύσταση αρχαιολογικών αντικειμένων στα εργαστήρια συντήρησης των μουσείων αποτελεί σύνθετη και επίπονη εργασία. Στους αρχαιολογικούς χώρους αρχιτεκτονικά μέλη με μεγάλο μέγεθος και βάρος βρίσκονται διάσπαρτα και απαιτούν εύρεση της αρχικής τους θέσης στο μνημείο και στο χώρο. Ανάμεσα στις εφαρμογές, πολυάριθμες έρευνες ασχολούνται με τις αυτόματες μεθόδους σύνδεσης και αποκατάστασης σπαραγμάτων αρχαιολογικών ευρημάτων όπως σύνολα κεραμικής, τοιχογραφιών, ψηφιδωτών και αγαλμάτων για τη δημιουργία της αρχικής μορφής συνόλων και αντικειμένων. Για τους συντηρητές αποτελεί πρόκληση η αυτοματοποιημένη επίτευξη της ακριβούς ανασύστασης αρχαιολογικών θραυσμάτων και της δημιουργίας της αρχικής μορφής των αντικειμένων. Μια εργασία που μέχρι σήμερα γίνεται αποκλειστικά χειρονακτικά, απαιτεί μεγάλη προσοχή και εξειδίκευση και είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα.

Σε παγκόσμιο επίπεδο πολλαπλές ερευνητικές εργασίες με εφαρμογές σε πραγματικά αντικείμενα διαφορετικής κλίμακας μεγέθους, από πολύ μικρά (κοσμήματα ή προϊστορικά λίθινα εργαλεία) έως πολύ μεγάλα (αρχιτεκτονικά μέλη), προσπαθούν να επιλύσουν την αυτόματη συναρμολόγηση ευρημάτων από σπάργματα. Η πλήρης αυτοματοποίηση δεν είναι ακόμα εφικτή αλλά υπάρχει συνεχής εξέλιξη. Η εφαρμογή των ψηφιακών τεχνολογιών στα εργαστήρια δεν έχει σκοπό να αντικαταστήσει το επιστημονικό προσωπικό αλλά αντίθετα να αποτελέσει ένα δυναμικό εργαλείο.

Τρισδιάστατη Μοντελοποίηση της Πολιτιστικής Κληρονομιάς

Οι ψηφιακές τεχνολογίες εφαρμόζονται στην τρισδιάστατη οπτικοποίηση χώρων, μνημείων και αντικειμένων. Η οπτικοποίηση των αντικειμένων μπορεί να γίνει με πολύ ακριβό και εξειδικευμένο εξοπλισμό όπως τα laser scanners, αλλά και με φωτογραμμετρικές μεθόδους, δηλαδή με τη χρήση μη μετρικών ψηφιακών φωτογραφικών μηχανών και ειδικά λογισμικά παραγωγής τρισδιάστατων μοντέλων. Η μοντελοποίηση ενός αντικείμενου απαιτεί ένα ικανοποιητικό πλήθος ψηφιακών εικόνων, που ανάλογα με το αντικείμενο ή το χώρο εισάγεται σε ειδικό λογισμικό και ακολουθείται μια σειρά εργασιών ώστε να προκύψουν αρχεία με τρισδιάστατες απεικονίσεις αντικειμένων ή χώρων. Τα ψηφιακά μοντέλα είναι δυνατόν να αποδώσουν τα αντικείμενα και τους χώρους με υψηλή ακρίβεια και λεπτομέρεια και είναι κατάλληλα από αποτυπώσεις σε μελέτες συντήρησης και αποκατάστασης έως ψηφιακές αναπαραστάσεις σε περιπτώσεις απώλειας και καταστροφής ή επιπλέον για σκοπούς εκπαίδευσης και προβολής.

Η συνεχής εξέλιξη των τεχνολογιών με νέες εφαρμογές παράλληλα με τη χρήση των smart phones μπορεί να απλοποιήσει και να κάνει ακόμα πιο προσιτή τη διαδικασία. Μεγάλη σημασία έχει το είδος και το μέγεθος των τελικών αρχείων ώστε αυτά να είναι διαχειρίσιμα, με εύκολη προσβασιμότητα ενώ στόχος αποτελεί η χρήση τους να είναι δυνατή ακόμα και από άτομα μη εξειδικευμένα.

Ειδικά λογισμικά δημιουργίας τρισδιάστατων μοντέλων που έχουν δοκιμαστεί σε εφαρμογές στο πεδίο της αρχαιολογικής έρευνας είναι το Autodesk 123d Catch και το Agisoft Photoscan. Στο πρώτο για την δημιουργία των τρισδιάστατων μοντέλων απαιτείται η εισαγωγή των εικόνων στο λογισμικό, που με σύνδεση στο διαδίκτυο γίνεται η επεξεργασία σε ένα κεντρικό server. Αντίθετα στο δεύτερο πρόγραμμα για την παραγωγή της ψηφιακής απεικόνισης όλες οι επιλογές και τα στάδια των εργασιών γίνονται από το χρήστη. Τα λογισμικά αυτά βασίζονται στη φωτογραμμετρική τεχνική, Δομή από Κίνηση (Structure from Motion, SfM) η οποία χρησιμοποιεί πλήθος ψηφιακών εικόνων και τα ψηφιακά προϊόντα αποδίδονται σε μορφή νέφους σημείων (point cloud) συγκρίσιμα στην πυκνότητα και την ακρίβεια με εκείνα που δημιουργούνται από επίγειους και εναέριους Laser σαρωτές, υψηλού κόστους.

Παραδείγματα για Ειδικές Εφαρμογές στα Εργαστήρια Συντήρησης Αρχαιολογικών Ευρημάτων

Σε παγκόσμιο επίπεδο έχει σημειωθεί μεγάλη εξέλιξη και πρόοδος στην ανάπτυξη ειδικών εφαρμογών ψηφιακών τεχνολογιών στα εργαστήρια συντήρησης μουσείων και συλλογών μέσα από έρευνες και συνεργασίες πανεπιστημιακών ιδρυμάτων και φορέων διαχείρισης πολιτιστικής κληρονομιάς. Αναφέρουμε παραδείγματα όπως :

i. The Digital Michelangelo Project

Οι βελτιώσεις στην τεχνολογία των λέιζερ επέτρεψαν την αξιόπιστη και με ακρίβεια ψηφιοποίηση του εξωτερικού σχήματος και της επιφάνειας πολλών φυσικών αντικειμένων. Ως απόδειξη αυτής της τεχνολογίας στο ερευνητικό πρόγραμμα «Digital Michelangelo Project» σε μια συνεργασία των Πανεπιστημίων Stanford και Ουάσιγκτον με το Ιταλικό Ινστιτούτο Έρευνας και Τεχνολογίας πραγματοποιήθηκε η ψηφιοποίηση γλυπτών αγαλμάτων και αρχιτεκτονικής του Μιχαήλ Αγγέλου, στην Ιταλία. Στη συνέχεια, στη Φλωρεντία, ακολούθησε το πρόγραμμα αποκατάστασης του αγάλματος του Δαβίδ στο οποίο έγιναν πειραματισμοί με διαφορετικές χρήσεις των 3D γραφικών για την αποκατάσταση του αγάλματος, που κυμαινόταν από τις κλασικές επιστημονικές εργασίες απεικόνισης ως πιο πολύπλοκες εφαρμογές οπτικοποίησης πληροφοριών (Levoy,1999, 2000).

Πραγματοποιήθηκαν δύο "Ψηφιακές" έρευνες: η περιγραφή και αποτύπωση των φθορών της επιφάνειας του αγάλματος και ο υπολογισμός των φυσικών διαστάσεων. Αρχικά τα ψηφιακά μοντέλα χρησιμοποιήθηκαν σαν εργαλείο για την περιγραφή της επιφάνειας του Δαβίδ από τους παράγοντες διάβρωσης. Η απόδοση της εικόνας εξαρτάται από το πάχος των επικαθίσεων, την κλίση της επιφάνειας και την προσβασιμότητα των διαφόρων επιφανειών. Το τρισδιάστατο μοντέλο έδωσε αρκετά ποιοτικά και ποσοτικά αποτελέσματα, χρήσιμα για την περιγραφή της επιφάνειας του γλυπτού. Παράλληλα έγινε άμεσος υπολογισμός των φυσικών διαστάσεων του αγάλματος και έτσι, υπολογίστηκε, η επιφάνεια και ο όγκος του Δαβίδ. Επίσης μελετήθηκε και αξιολογήθηκε μέσα από το 3d μοντέλο η στατικότητα του αγάλματος, δεδομένου ότι υπήρχαν ορισμένες ρωγμές στο πίσω μέρος των αστραγάλων που φόβιζαν τους επιμελητές. Αυτές οι ρωγμές πιθανόν προήλθαν από λανθασμένη κατανομή της μάζας του αγάλματος, (υπάρχουν ιστορικά έγγραφα που

υποστηρίζουν ότι η αρχική βάση δεν ήταν επίπεδη, και το άγαλμα είχε κλίση προς τα εμπρός). Ως εκ τούτου, ο έλεγχος της στατικότητας του αγάλματος συμπεριλήφθηκε στο σύνολο των ερευνών που έγιναν πριν από την αποκατάσταση. Οι στόχοι του προγράμματος ήταν επιστημονικοί και εκπαιδευτικοί. (Callieri 2004)

ii. Ανασύσταση και παρουσίαση του αγάλματος της Madonna di Pietranico

Η συντήρηση της Madonna από το Pietranico, ενός ζωγραφισμένου κεραμικού αγάλματος του 15^{ου} αιώνα, από το μουσείο της Aquila, στην Ιταλία, ολοκληρώθηκε με τη χρήση διαφόρων ψηφιακών εφαρμογών. Το άγαλμα στο σεισμό που έπληξε την Κεντρική Ιταλία, το 2009, έπεσε στο έδαφος και έσπασε σε 19 μεγάλα και άλλα μικρότερα κομμάτια. Οι εργασίες πραγματοποιήθηκαν με παράλληλες συνεργασίες των συντηρητών με τους ερευνητές του Istituto di Scienza e Tecnologie dell' Informazione (ISTI-CNR) και χρησιμοποιήθηκαν σαν βοήθεια διάφορα τρισδιάστατα μοντέλα (Scorigno, 2011).

Για τη σάρωση των σπαραγμάτων χρησιμοποιήθηκαν laser scanners και έγινε σχεδιαστική επεξεργασία στο MeshLab. Η έρευνα που έγινε με την Madonna έδειξε ότι δεν είναι δυνατή αποκλειστικά η αυτόματη συναρμολόγηση. Αντίθετα είναι σημαντική η συνεργασία των επιστημόνων των υπολογιστών με τους συντηρητές.

Παράλληλα έγινε σχεδιασμός και κατασκευή μιας δομής στηριγμάτων που είχε σαν στόχο να κρατήσει όλα τα κομμάτια στη σωστή τους θέση πριν τη συγκόλληση. Δημιουργήθηκε ένα ψηφιακό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε σαν βάση στήριξης ανάμεσα στα κενά των στερεών κομματιών στο εσωτερικό του κεραμικού αγάλματος. Αυτά τα δύο κομμάτια συνδέθηκαν μεταξύ τους με μια ράβδο σιδήρου, συγκρατώντας και παρέχοντας μια επιφάνεια συγκόλλησης για τα άλλα θραύσματα. Οι συμπληρωμένες περιοχές του αγάλματος σχεδιάστηκαν χρησιμοποιώντας τα ψηφιακά 3D μοντέλα και ακολούθησε η τρισδιάστατη εκτύπωση τους.

Στη συνέχεια έγιναν βελτιώσεις στο σχήμα που προέκυψε, ώστε να διευκολυνθεί η σωστή συναρμολόγηση των θραυσμάτων στα τμήματα συμπλήρωσης. Μόλις έγινε η αναπαραγωγή αυτών των τμημάτων με την τεχνολογία 3D εκτύπωσης, προέκυψε μια εξαιρετική βάση για τη φυσική συναρμολόγηση του αντικειμένου.

Συνεπώς με τη βοήθεια της ψηφιακής τεχνολογίας μπορούν να διεξαχθούν διαφορετικές επιστημονικές έρευνες, άμεσα στα ψηφιακά 3D μοντέλα. Σημειώνεται

όμως ότι σύμφωνα με τα αποτελέσματα, τα διαθέσιμα εργαλεία με τη βοήθεια των υπολογιστών, εμπορικά ή ακαδημαϊκά, δεν ικανοποιούν το σύνολο των πιθανών αναγκών της αποκατάστασης.

Αντίστοιχα στην Ελλάδα, έχουν πραγματοποιηθεί ερευνητικά προγράμματα που ασχολούνται την 3D μοντελοποίηση και ανασύσταση αρχαιολογικών συνόλων, όπως:

i. **Ο «Εικονικός Αρχαιολόγος» ανασυνθέτει το παρελθόν**

Το τμήμα Πληροφορικής, του Πανεπιστημίου Αθηνών πραγματοποίησε έρευνα για την αυτόματη ανασύνθεση αρχαιολογικών αντικειμένων και εφαρμογές των μεθόδων σε πραγματικά αντικείμενα, κυρίως λίθινα αρχιτεκτονικά μέλη από τον αρχαιολογικό χώρο της Ακρόπολης των Αθηνών. Το πρόγραμμα ονομάστηκε «Virtual archaeologist» είναι ένα ημι-αυτόματο σύστημα για την ανακατασκευή των αρχαιολογικών ευρημάτων, από τα θραύσματα τους (Papaioannou, 2001)

ii. **«Virtual archaeologist» ανασυνθέτει σπαράγματα αρχαίων πολιτισμών**

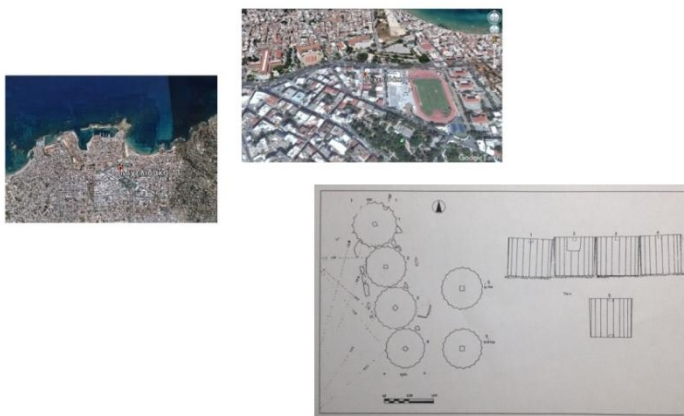
Μια ομάδα επιστημόνων πληροφορικής από το πανεπιστήμιο του Princeton ανέπτυξε ένα αυτοματοποιημένο σύστημα για την ανασύσταση σπαραγμάτων ανασκαφικών αντικειμένων. Οι ερευνητές του «Princeton» βάπτισαν το λογισμικό που ανέπτυξαν «Grifhos» από την ελληνική λέξη για το παζλ ή γρίφο. Η ομάδα δημιούργησε ένα σύστημα που χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό ισχυρών αλγόριθμων ηλεκτρονικών υπολογιστών και τους συστήματος επεξεργασίας, αντικατοπτρίζοντας τους διαδικασίες ανασύστασης συνόλων που ακολουθούνται παραδοσιακά τους χώρους τους ανασκαφής. Ο σχεδιασμός του συστήματος είχε σαν προϋπόθεση τη στενή συνεργασία τους με τους αρχαιολόγους και τους συντηρητές στο Ακρωτήρι, τον αρχαιολογικό χώρο της Αρχαίας Θήρας, στη Σαντορίνη. Το σύστημα χρησιμοποίησε πληροφορίες όπως: πού βρέθηκαν τα θραύσματα, τις χρωστικές ουσίες, την υφή τους, τη φορά της πινελιάς, την καμπυλότητα, τη διάβρωση της επιφάνειας, τη ζωγραφική τους επιφάνειας και την κατάσταση διατήρησής τους.

iii. **Αυτοματοποιημένη Ανασυγκρότηση Αντικείμενων σε Σπαράγματα -Εφαρμογή στην Ανασύσταση Τοιχογραφιών.**

Σε ένα πρόγραμμα συνεργασίας του Πανεπιστήμιου της Αθήνας και του Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου έγινε εφαρμογή της αυτόματης ανασύστασης σπαραγμάτων προϊστορικών τοιχογραφιών από την Τίρυνθα, τη Θήρα και τις Μυκήνες. Το σύστημα που αναπτύχθηκε έλαβε υπόψη διάφορα χαρακτηριστικά των σπαραγμάτων α. το ταίριασμα των περιγραμμάτων των ζωγραφισμένων πλευρών των γειτονικών τεμαχίων β. την τρισδιάστατη αντιστοίχιση των πλευρικών επιφανειών των γειτονικών θραυσμάτων και γ. τη συνέχιση του χρώματος ή / και του θεματικού περιεχομένου μεταξύ των ζωγραφισμένων πλευρών των θραυσμάτων, που ταιριάζουν. (Papaoduseus, 2014).

Ψηφιακή Ανασύσταση Αρχαϊκού Κίονα από Πέντε Σπόνδυλους, ευρήματα από ανασκαφή της Πόλης των Χανίων.

Στα περιορισμένα πλαίσια, χρονικά και χρήσης εξοπλισμού και λογισμικών, μιας ερευνητικής εργασίας έγινε μια εφαρμογή της τεχνολογίας παραγωγής 3D μοντέλων και χρήσης τους, σαν βοήθεια σε εργασίες ανασύστασης. Πρόκειται για τη μοντελοποίηση των πέντε Σπονδύλων Αρχαϊκού Κίονα από Ανασκαφή της Πόλης των Χανίων.



Εικ. 1 Το 1997, σε σωστική ανασκαφή, της ΚΕ'ΕΠΚΑ, σε οικόπεδο στο κέντρο της πόλης των Χανίων αποκαλύφθηκαν πέντε ραβδωτοί σπόνδυλοι από ψαμμίτη.

Στο κέντρο της πόλης των Χανίων, το 1997 σε σωστική ανασκαφή στην οδό Μιχελιδάκη (Εικ. 1) και στο οικόπεδο Ραϊσάκη-Μπενάκη αποκαλύφθηκαν πέντε ραβδωτοί σπόνδυλοι από ψαμμίτη (Μαρκουλάκη, 1997). Μετά την ανασκαφή οι

σπόνδυλοι μεταφέρθηκαν για φύλαξη και έκθεση στον κήπο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων (Εικ. 2) και τοποθετήθηκαν σε τυχαία θέση επί του εδάφους.

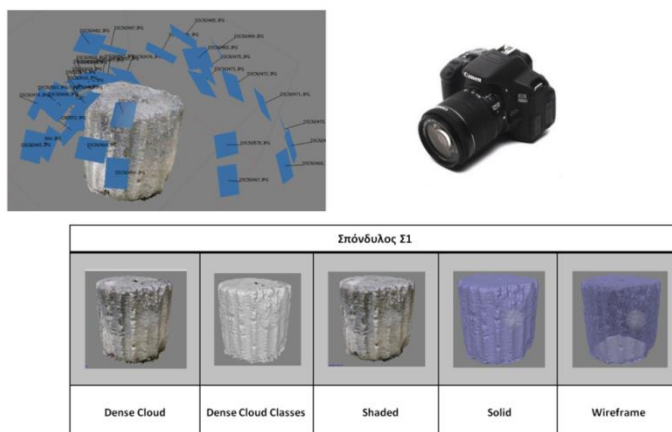


Εικ. 2. Οι πέντε σπόνδυλοι βρίσκονται εκτεθειμένοι στην αυλή του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων επί του εδάφους σε τυχαίες θέσεις.

Παραγωγή των τρισδιάστατων μοντέλων των πέντε σπονδύλων.

Η μοντελοποίηση των σπονδύλων έγινε με φωτογραμμετρική τεχνική Δομής από Κίνηση. Ενώ αρκετοί είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των παραγόμενων μοντέλων, όπως η θέση που βρίσκονται τα αντικείμενα, η πρόσβαση, οι συνθήκες φωτισμού σε όλες τις επιφάνειες του αντικειμένου αλλά και το μέγεθος.

Για την δημιουργία των ψηφιακών μοντέλων έγινε φωτογράφιση των πέντε σπονδύλων ακλουθώντας τις οδηγίες και τους κανόνες CIPA 3x3. Επιλέχθηκαν πρωινές ώρες με συννεφιά για να μην υπάρχουν σκιές. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε τρίποδο, στη συνέχεια όμως οι περισσότερες λήψεις έγιναν χωρίς αυτό.



Εικ.3 Οι θέσεις των λήψεων που χρησιμοποιήθηκαν για τη μοντελοποίηση του Σπονδύλου Σ1. Η φωτογράφιση πραγματοποιήθηκε με ψηφιακή φωτογραφική μηχανή Canon EOS 700D. Η απόδοση και τα είδη των ψηφιακών μοντέλων του Σ1.

Μετά τη λήψη των φωτογραφιών και τα προβλήματα τους, επιλέχθηκαν οι κατάλληλες λήψεις και ξεκίνησε η διαδικασία παραγωγής των τρισδιάστατων μοντέλων. Οι φωτογραφίες εισήχθησαν στο λογισμικό Agisoft Photoscan και άρχισαν να ακολουθούνται τα βήματα δημιουργίας των μοντέλων. Τα σύνολα των λήψεων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν διαφορετικά για κάθε σπόνδυλο. Δημιουργήθηκαν παραπάνω από ένα μοντέλα για κάθε αντικείμενο μέχρι το αποτέλεσμα, να μας ικανοποιεί, παρά τα προβλήματα. Η διαδικασία της παραγωγής των ψηφιακών μοντέλων χρειάστηκε αρκετό χρόνο, ανάλογο με τον αριθμό των φωτογραφιών που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε μοντέλο.

Τα μοντέλα αποδίδουν αρκετά ικανοποιητικά τα αντικείμενα, δεν είναι όμως πλήρη. Η θέση που σήμερα είναι εκτεθειμένοι, αλλά κυρίως το μεγάλο τους βάρος, δεν μας επέτρεψαν καλύτερα αποτελέσματα. Οι σπόνδυλοι ήταν αδύνατον να μετακινηθούν και βρίσκονται σε πολύ μικρή απόσταση από τοίχους και γωνίες τοίχων. Δύο σπόνδυλοι είναι ο ένας τοποθετημένος πάνω στον άλλο, οπότε η φωτογράφιση δεν είναι εφικτή από όλες τις πλευρές και η αποτύπωση του συνόλου της επιφάνειας δεν είναι πλήρης. Εκτός από τις κάθετες πλευρές με τις ραβδώσεις, βασική έλλειψη πληροφορίας προέκυψε στις οριζόντιες επιφάνειες των σπονδύλων, όπου η ύπαρξη των εμβολίων και οι ακριβείς διαστάσεις τους δεν ήταν δυνατόν να αποτυπωθούν ολοκληρωτικά.

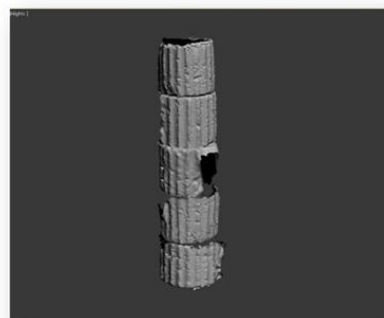
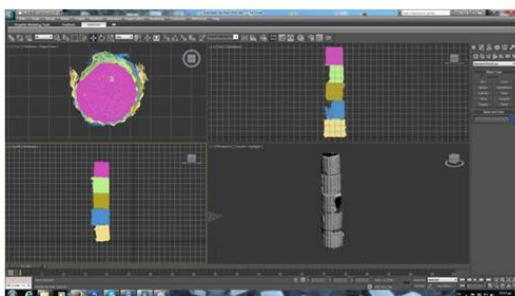
Σκοπός μας από την αρχή ήταν η πιθανότητα ανασύστασης του κίονα.

Οι ενδείξεις ότι οι σπόνδυλοι ανήκουν στον ίδιο κίονα, εκτός του ότι βρέθηκαν στον ίδιο χώρο, είναι ότι:

- i. Με μακροσκοπική παρατήρηση είναι κατασκευασμένοι από το ίδιο υλικό, το μαλακό ψαμμίτη.
- ii. Οι διαστάσεις των σπονδύλων είναι παρόμοιες, το ύψος τους κυμαίνεται από 0,755 έως 0,78 μ. και η περίμετρος των διατομών τους, κυμαίνεται από 2,74 έως 2,40 μ. Από την περίμετρο προκύπτουν οι διάμετροι από 0,88 έως 0,76 μ.
- iii. Παρατηρείται φθίνουσα διατομή των σπονδύλων και των ραβδώσεων.
- iv. Διαθέτουν τον ίδιο αριθμό ραβδώσεων, 20 ραβδώσεις ο καθένας.
- v. Οι διαστάσεις και το πλάτος των ραβδώσεων κυμαίνεται από 12 μέχρι 14 εκ. και το βάθος περίπου 2 εκ. (υπάρχει αλλοίωση των διαστάσεων από τη φθορά της επιφάνειας και την απώλεια υλικού).

- vi. Στις οριζόντιες επιφάνειες (στις 4 από τις 10) που έχουμε πρόσβαση, οι διαστάσεις των εμβολίων είναι ίδιες (8 x 8 εκ. και βάθος 5 εκ.).
- vii. Το συνολικό σωζόμενο ύψος του κίονα υπολογίζεται 3,84 μέτρα.

Στη συνέχεια ακολούθησε η ψηφιακή σύνθεση του κίονα. Η σύνθεση του κίονα από τα 3D μοντέλα των σπονδύλων έγινε στο σχεδιαστικό πρόγραμμα 3ds Max. Τα πέντε αρχεία μορφής obj, που προέκυψαν από το Agisoft Photoscan εισήχθησαν στο 3ds Max. Ακολούθησε η ευθυγράμμιση των μοντέλων και η προσαρμογή της κλίμακας, από τη διάσταση του ύψους, σε κάθε σπόνδυλο. Η σύνθεση έγινε χειροκίνητα και η επιλογή της θέσης κάθε σπόνδυλου έγινε σύμφωνα με τις διαστάσεις της περιμέτρου στην πάνω και την κάτω του πλευρά. Αρχικά τοποθετήθηκε ο Σ5 και ακολούθησαν οι Σ3, Σ4, Σ2 και Σ1. Επιπρόσθετα, η φορά και το πλάτος των ραβδώσεων βοήθησαν. Η φθορά των επιφανειών δε βοήθησε ιδιαίτερα γιατί υπήρχε απώλεια υλικού κυρίως από μηχανικές φθορές και μάλλον μεταγενέστερες .



Εικ. 4 Η ψηφιακή ανασύσταση του κίονα, από τους πέντε σπονδύλους, μέσα από το σχεδιαστικό πρόγραμμα 3ds Max και το τελικό ψηφιακό μοντέλο του αρχαϊκού κίονα.

Συμπεράσματα

Η ψηφιακή αποτύπωση αρχαιολογικών χώρων, μνημείων ή αντικειμένων μπορεί να πραγματοποιηθεί με πολύ εξειδικευμένο εξοπλισμό και επεξεργασία των δεδομένων με εξειδικευμένα λογισμικά αλλά και με απλή φωτογραμμετρική διαδικασία. Με λεπτομερή, δηλαδή φωτογράφιση όλων των επιφανειών των αντικειμένων και χρήση μεγάλης ποικιλίας διαθέσιμων λογισμικών ώστε η παραγωγή των τρισδιάστατων μοντέλων να είναι ακριβής και γρήγορη. Η διάθεση ακριβούς εξοπλισμού, όπως τα laser scanners, στα εργαστήρια συντήρησης των μουσείων και κατά συνέπεια η εξοικείωση στη χρήση τους είναι σπάνια. Αντίθετα η

φωτογραμμετρική αποτύπωση με λογισμικά παραγωγής 3D μοντέλων μπορεί να προκύψει πιο προσιτή. Σήμερα στα εργαστήρια των δημόσιων μουσείων η διάθεση υλικού εξοπλισμού, όπως ψηφιακές μηχανές και ισχυροί ηλεκτρονικοί υπολογιστές παράλληλα με τη σύνδεση στο διαδίκτυο είναι σχεδόν δεδομένη και παράλληλα με τη διάθεση ελεύθερων λογισμικών, τα αρχαιολογικά αντικείμενα μπορούν να αποτυπωθούν τρισδιάστατα και να χρησιμοποιηθούν σε εργασίες, όπως μεταξύ άλλων στην ανασύσταση της αρχικής τους μορφής.

Σε αυτή την εργασία δεν εφαρμόστηκε η αυτόματη ανασύσταση του κίονα αλλά οι ψηφιακές τεχνολογίες βοήθησαν στην ακριβή απεικόνιση των σπονδύλων και στη συνέχεια μέσα από ένα σχεδιαστικό πρόγραμμα χειροκίνητα δημιουργήθηκε η πιθανή μορφή του κίονα. Στόχος μας θα ήταν η συνέχιση των ερευνών για την επίτευξη μιας αυτοματοποιημένης ανασύστασης αρχαιολογικών ευρημάτων που παρουσιάζουν ιδιαίτερες δυσκολίες όπως το μεγάλο βάρος, αλλά και τα πολυάριθμα σύνολα σπαραγμάτων, σαν δυναμικό «εργαλείο» στα εργαστήρια συντήρησης των μουσείων.

Βιβλιογραφία

Μαρκουλάκη Στ., Αρχαιολογικό Δελτίον 52 (1997), ΚΕ' Εφορεία Προϊστορικών και Κλασσικών Αρχαιοτήτων, σ. 1013-1014.

Callieri M., Cignoni P., Ganovelli F., Impoco G., Montani C. , Pingi P. , Ponchio F., Scopigno R., Visualization and 3D data processing in David's restoration, ISTI, January 2004

El-Hakim S., Beraldin J.A., Picard M., 2002, Detailed 3D Reconstruction of Monuments Using Multiple Techniques, published in Proceedings of the Intern. Workshop on Scanning for Cultural Heritage Recording - Complementing or Replacing Photogrammetry, September 01-02, 2002 Corfu, Greece pp.58-64.NRC 44915.

Levoy M., *The Digital Michelangelo Project*, EUROGRAPHICS '99, Volume 18, (1999), Number 3.

Levoy M. Et al., *The Digital Michelangelo Project:3D Scanning of Large Statues*, Proc. Siggraph 2000.

Papaioannou G. et al., *Virtual archaeologist: Assembling the past*, 2001

Papaioannou G. et al., *Automatic Reconstruction of Archaeological Finds, A Graphics Approach*

Scopigno R. et al., *3D Models for Cultural Heritage: Beyond Plain Visualization*, ISTI-CNR, July 2011, σ. 48-55

<http://graphics.stanford.edu/projects/mich/> (27/6/2017)

<https://www.princeton.edu/main/news/archive/S21/86/52G22/> (27/6/2017)

<http://www.princeton.edu/engineering/news/archive/?id=460> (27/6/2017)

<http://cipa.icomos.org/> (21/6/2017)

<http://www.agisoft.com/> (21/6/2017)

http://www.agisoft.com/pdf/photoscan_1_2_en.pdf (21/6/2017)

https://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk_123D (21/6/2017)

<http://www.dyas-net.gr/kickoff/wp-content/uploads/2014/omilies/Papaoduseus.pdf> (27/6/2017)

Using 3D Modelling and Digital Technologies in Cultural Heritage

The use of 3D digitization and modelling in documentation, presentation and digital reconstruction of Cultural Heritage has been increased significantly over the past years. This is due to advances in laser scanning techniques, 3d modelling software, image-based-modelling techniques, computer power and virtual reality. The aim of this paper is to use 3d models of five very heavy parts of an archaic column (constructed ca 540 BC) for studying and reconstructing the complete column. The column was part of an archaic temple unique in size and in type for the area of Chania, in West Crete. The five stone drums found in a salvage excavation in the town of Chania. Now they are exposed in the yard of the Archaeological Museum but in near future will be hopefully reconstructed and exposed in the New Archaeological Museum of Chania. The project was realised in the Digital Media Lab, in the School of Architecture at the Technical University of Crete, in coordination with the Ministry of Culture of Greece, via Ephorate of Antiquities of Chania.

Παναγιώτης Παρθένιος , Αρχιτέκτονας Μηχανικός Α.Π.Θ. PhD, Harvard Graduate School of Design, Αν. Καθηγητής, Διευθυντής του Εργαστηρίου Ψηφιακών Μέσων Σχεδιασμού, Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, ηΠολυτεχνείου Κρήτης

Parthenios Panagiotis, Architect Engineer, Harvard GSD Doctor of Design, Associate Professor, Director of the Digital Media Laboratory, School of Architectural Engineering, Technical University of Crete

parthenios@arch.tuc.gr

Ανδρουλάκη Θεανώ, Συντηρήτρια Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης, Εφορεία Αρχαιοτήτων Χανίων, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακό Σπουδών, Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών Πολυτεχνείο Κρήτης.

Androulaki Theano, Conservator of Archaeological Finds, Ephorate of Antiquities of Chania, Postgraduate Programme, School of Architecture, Technical University of Crete.

thandroulaki@culture.gr, tandroulaki@isc.tuc.gr