

Η Μυκηναϊκή τοιχογραφία. Μελέτη περίπτωσης: Η “Μυκηναία”. Σύγχρονες υπολογιστικές μέθοδοι επεξεργασίας και αποκατάστασης προϊστορικής τοιχογραφίας.

Γιώργος Σφήκας*

Περίληψη

Τι είναι η μυκηναϊκή τοιχογραφία, σε ποια γεωγραφικά και χρονολογικά όρια αναφερόμαστε. Μελέτη περίπτωσης: “Η Μυκηναία”, τοιχογραφία της ΥΕΙΙΒ από την ακρόπολη των Μυκηνών. Περιγραφή της “Μυκηναίας”, θέμα και εικονογραφία. Τεχνική εκτέλεσης της σύνθεσης. Η υπόθεση χρήσης στένσιλ. Ανασύνθεση τοιχογραφίας: Γενικά. Οι δυσκολίες του προβλήματος. Η τοιχογραφία σαν παζλ. Υπολογιστική συναρμολόγηση και αποκατάσταση.

1. Εισαγωγή και σχέδιο εργασίας

Η παρούσα εργασία αφορά την μυκηναϊκή τοιχογραφία, σχετικά με την οποία εξετάζει παραδοσιακές προσεγγίσεις αλλά και σύγχρονες μεθόδους μελέτης και επεξεργασίας της. Συγκεκριμένα κάνουμε λόγο για τη χρήση υπολογιστικών μεθόδων στην αρχαιολογία. Τα εδώ εξεταζόμενα πεδία χρήσης υπολογιστή –έλεγχος υπόθεσης χρήσης στένσιλ και συναρμολόγηση/αποκατάσταση τοιχογραφίας– είναι ενδεικτικά ενός ρεπερτορίου έρευνας και μεθόδων που αναφέρεται στην επαφή πληροφορικής και αρχαιολογίας (Scorigno et al., 2011; Willis και Cooper, 2008; Barmproutis et al., 2010; Papandreou, 2009; Papaodysseus et al., 2010). Στην ενότητα 2, βάζουμε τα γεωγραφικά και χρονολογικά πλαίσια της μυκηναϊκής τοιχογραφίας σαν εξασκούμενη τέχνη και αναφερόμαστε στο ιστορικό της ανασκαφής των Μυκηνών από την άποψη των τοιχογραφικών ευρημάτων. Στην ενότητα 3 περιγράφουμε την “Μυκηναία”, ένα από τα πιο σημαντικά ευρήματα της μυκηναϊκής τέχνης. Στην ενότητα 4 εξετάζουμε τον τρόπο εκτέλεσης της “Μυκηναίας”. Αναφερόμαστε στον, με υπολογιστικούς μεθόδους, έλεγχο της υπόθεσης χρήσης στένσιλ στο ίδιο και άλλα σχετικά έργα. Στην ενότητα 5 εξετάζουμε το πρόβλημα της συναρμολόγησης και ανακατασκευής μιας τοιχογραφίας, και τη λύση του με

υπολογιστικά μέσα, και κλείνουμε με κάποια συμπερασματικά σχόλια στην ενότητα 6.

2. Η Μυκηναϊκή τοιχογραφία γενικά. Γεωγραφικό και χρονολογικό πλαίσιο

Όταν μιλάμε για μυκηναϊκή τοιχογραφία (σχ. 1, 2, 3), εννοούμε την συγκεκριμένη τέχνη όπως αυτή παρουσιάζεται από την Υστεροελλαδική ΠΙΑ ως το τέλος της μυκηναϊκής εποχής, στα μέχρι τώρα γνωστά ευρήματα των σημαντικότερων μυκηναϊκών κέντρων: στις Μυκήνες (ανάκτορο, Οικία Ανωφέρειας, Οικία Τσουντα, Δωμάτιο της Τοιχογραφίας), στην Τίρυνθα (παλαιό και νέο ανάκτορο), στη Θήβα, στην Πύλο, στον Ορχομενό. Δευτερευόντως στις Ζυγουριές, στο Άργος, στον Γλα και την Πρόσυμνα (Κριτσέλη-Προβίδη, 1982, σ.100).

Στα παραπάνω κέντρα διαμορφώνεται για στην τοιχογραφία και ζωγραφική γενικότερα ένα λίγο-πολύ σταθερό θεματολόγιο. Αυτό περιλαμβάνει τρεις κατηγορίες θεμάτων: Παραστάσεις από τη θρησκευτική ζωή –απεικονίσεις θεοτήτων και λατρευτικές σκηνές– παραστάσεις από την καθημερινή ζωή –μάχη, κυνήγι, θεάματα– και διακοσμητικά θέματα.

Στις Μυκήνες έχουν αποκαλυφθεί πλήθος τοιχογραφιών, αρχής γενομένης από την ανασκαφή του Σλήμαν το 1876, και σταθερά στις ανασκαφές των επόμενων χρόνων στην ίδια ευρύτερη περιοχή μέχρι σήμερα (Μυλωνάς, 1972; Rodenwaldt, 1911, 1921; Τσουντας, 1886; Κριτσέλη-Προβίδη, 1982). Ο Σλήμαν, κατά την ανασκαφή του Περιβόλου Α, συνάντησε στην επίχωση μικρά αλλά σημαντικά κομμάτια τοιχογραφιών, μεταξύ των οποίων τις “Κυρίες στη βεράντα” και λείψανα ζωφόρου

*Email επικοινωνίας: Georges.Sfikas@gmail.com. Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του μαθήματος του τμήματος Ιστορίας και Αρχαιολογίας του πανεπιστημίου Ιωαννίνων, “Εισαγωγή στον Μυκηναϊκό πολιτισμό” (διδάσκων Ανδρέας Βλαχόπουλος), κατά το χειμερινό εξάμηνο 2012-2013.



Σχήμα 1: Η “Μυκηναία”. Τοιχογραφία εξαιρετικής τεχνικής, που βρέθηκε στο θρησκευτικό κέντρο της ακρόπολης των Μυκηνών.

γυναικών φυσικού περίπου μεγέθους. Οι αγγλικές ανασκαφές του 1921 στην Οικία της Ανωφέρειας συμπλήρωσαν τα ευρήματα του Σλήμαν με τις τοιχογραφίες με τον ταύρο και τους ακροβάτες, με τα αποσπάσματα γυναικείων μορφών, και άλλα.

Οι ανασκαφές του Τσουντα το 1886 και το 1892 αποκάλυψαν δεύτερο κέντρο τοιχογραφιών στην περιοχή της Οικίας Τσουντα, όπου βρέθηκε η τοιχογραφία των “Ονοκέφαλων δαιμόνων”, πινακίδα με την παράσταση του Παλλαδίου και διάφορα θραύσματα με διακοσμητικές ταινίες. Στο δωμάτιο Π του ανάκτορου των Μυκηνών το 1886 από τον Τσουντα αποκαλύπτονται διακοσμητικές τοιχογραφίες και οι τοιχογραφίες του δόμου του μεγάρου, καθώς και άλλα μικρότερα κομμάτια στον πρόδομο, στο δωμάτιο του Ξενώνα (δωμάτιο Η κατά

τον Τσουντα) και την περιοχή των Πίθων. Στα επόμενα χρόνια συνέχισαν να ανακαλύπτονται και άλλα κομμάτια τοιχογραφιών στον χώρο του ανάκτορου και από άλλους ανασκαφείς.

Κατά τις αγγλικές ανασκαφές στην οικία του Λαδεμπόρου το 1965 από το ανατολικό τμήμα της ακρόπολης, βρέθηκαν διάφορα διακοσμητικά κυρίως κομμάτια τοιχογραφιών, μεταξύ των οποίων και η Τοιχογραφία του Φορείου. Το 1968 ανασκάπτεται η δυτική κλιτύς της ακρόπολης των Μυκηνών και η περιοχή της Οικίας της Ακροπόλεως μεταξύ της Οικίας της Ανωφέρειας και της Οικίας Τσουντα. Εκεί βρέθηκε το “Δωμάτιο της Τοιχογραφίας”, με τοιχογραφία λατρευτικού θέματος. Στον ίδιο χώρο της ακρόπολης συνεχίζονται οι ανασκαφές από τον Γ.Μυλωνά το 1970-1972. Το κεντρικό τμήμα της



Σχήμα 2: Τοιχογραφία από το μυκηναϊκό ανάκτορο της Τίρυνθας.

ακρόπολης, το οποίο ονομάστηκε “Θρησκευτικό κέντρο” λόγω του πλήθους των παραστάσεων που βρέθηκαν με θρησκευτικό χαρακτήρα και άλλων ευρημάτων, έδωσε και την τοιχογραφία της “Μυκηναϊάς”.



Σχήμα 3: Τοιχογραφία, τμήμα ζωφόρου που βρέθηκε στο θρησκευτικό κέντρο των Μυκηνών. Οι εικονιζόμενα “οχτώσχημη ασπίδα” είναι ένα μοτίβο που απαντάται συχνά στην Μυκηναϊκή τέχνη.

3. Περιγραφή της “Μυκηναϊάς”

3.1. Γενικά

Η τοιχογραφία (σχ. 1), που βρέθηκε σχεδόν άθικτη και σε ένα κομμάτι, έχει μέγιστο μήκος 76 εκατοστά, ύψος 50 εκατοστά και πάχος κονιάματος 5 χιλιοστά. Σήμερα φυλάσσεται στο Εθνικό Αρχαιολογικό μουσείο Αθηνών. Η κύρια πηγή μας όσον αφορά τις συνθήκες εύρεσης, τεχνοτροπία και εικονογραφία της “Μυκηναϊάς” είναι το εγχειρίδιο της Κριτσέλη-Προβίδη (1982).

Σε γαλάζιο φόντο παριστάνεται γυναικεία μορφή, από το στήθος και πάνω. Το σωζόμενο τμήμα του σώματος αποδίδεται μετωπικά. Το κεφάλι στρέφεται προς τα δεξιά της. Με μια μικρή κλίση προς τα κάτω και ελαφρύ μειδιάμα εξετάζει περιδέραιο το οποίο κρατά στο δεξί χέρι.

Πρόσωπο. Η έκφραση του προσώπου είναι σοβαρή, αρμονική και μεγαλοπρεπής. Το περίγραμμα του προσώπου έχει γραφεί με λεπτή μαύρη γραμμή, ενώ τα δύο επιπλέον κόκκινα τόξα σχηματίζουν τα χείλια. Το φρύδι είναι τοξωτό, το περίγραμμα του ματιού αμυγδαλόσχημο και η κόρη ολόβαφη μαύρη, ελλειψοειδής. Στο λευκό κενό του βολβού γράφηκε μικρό κόκκινο τρίγωνο. Στην επαφή με τον λαιμό το περίγραμμα σχηματίζει διπλό σαγόνι. Το αυτί σχεδιάστηκε δυσανάλογα μεγάλο και πιο ψηλά από την κανονική του θέση. Το πτερύγιο του αυτιού δηλώνεται με δυο παράλληλες γραμμές, ενώ το παραπληρωματικό τρίγωνο παραλείπεται. Ως προς το κόκκινο χρώμα και το σχήμα του περιγράμματος, κινείται στα πλαίσια της παράδοσης. Η σχηματοποίηση του αυτιού θυμίζει ειδικότερα άλλη τοιχογραφική απεικόνιση θεάς από την Τίρυνθα (Hood, 1994).

Μαλλιά και κόμμωση. Ο μεγαλύτερος όγκος μαλλιών της Μυκηναϊάς σχηματίζει μια παχιά αναδιπλωμένη κοτσίδα (τραχηλοβόστρυχο όπως την ονομάζει η Κριτσέλη-Προβίδη (1982)) που συγκρατείται σε όλο του το μήκος από τέσσερις σειρές ταινιών, άσπρων και κόκινων. Από τα ίδια χρώματα αποτελείται και το διάδημα που κρατά τα μαλλιά πάνω από το μέτωπο και που τη συνέχειά του μπορούμε να την παρακολουθήσουμε στη λοξή ταινία πίσω από το αυτί. Οι τρεις ελικοτοί βόστρυχοι του μετώπου έχουν αποδοθεί με λευκό χρώμα, που έχει εξαιρεθεί από το μαύρο των μαλλιών. Δυο κυματιστοί βόστρυχοι αποχωρίζονται από την υπόλοιπη κόμμωση, περνούν μπροστά από τα αυτιά και συνεχίζουν πάνω στους ώμους, περιγράφοντάς τους. Ο δεξιά τουλάχιστον βόστρυχος φτάνει και ξεπερνά σε μήκος τον αγκώνα. Δίπλα στον τελευταίο σώζεται η αρχή δεύτερου, παράλληλου με αυτόν βόστρυχου. Αφύσικη

είναι η θέση του βοστρύχου που ξεκινάει από το αριστερό μέρος του προσώπου για να καταλήξει στον δεξί ώμο. Το ίδιο παρατηρείται και στην κόμμωση της ιέρειας με τα στάχια του “Δωματίου της Τοιχογραφίας” των Μυκηνών (Taylour, 1969), στην γυναίκα της πομπής 51Hnws της Πύλου (Lang, 1969) και αλλού.

Ένδυση και κορμός της μορφής. Το ένδυμα της Μυκηναίας αποτελείται από δυο μέρη: ένα διάφανο πουκάμισο που αφήνει να διακρίνεται το στήθος και πάνω από αυτό ένα περικόρμιο με κοντά μανίκια. Το πουκάμισο είναι κίτρινο, με τριγωνικό άνοιγμα που κοσμείται με ασπρο-κόκκινα σιρίτια. Το ύφασμα είναι διάφανο και αφήνει να διακρίνονται οι θηλές του στήθους. Η θέση της θηλής τονίζεται με δύο μικρές κόκκινες κουκκίδες, οι οποίες περιβάλλονται από άσπρο κύκλο. Σε άλλες συνθέσεις πάντως συνηθίζεται διαφορετική τεχνοτροπία απεικόνισης (Κριτσέλη-Προβίδη, 1982, σμ.165). Η χρήση μαύρου λεπτού περιγράμματος γύρω από το στήθος επιχειρεί να αποδώσει την αίσθηση του όγκου.

Από το περικόρμιο σώζονται τα μανίκια, από το ίδιο ύφασμα με το πουκάμισο, που περιγράφονται από τρεις πλατιές ταινίες, δύο κόκκινες με μία άσπρη στο μέσο και διπλές μαύρες γραμμές ανάμεσά τους. Οι εσωτερικές παρυφές των μανικιών ελλίσσονται γύρω από το στήθος, όπου και μειώνονται στο πάχος κατά πολύ φυσικό τρόπο. Στο κάτω δεξιά τμήμα της τοιχογραφίας σώζεται η παρυφή του περικορμίου από άσπρες-κόκκινες ταινίες με μαύρη διαγράμμιση.

Χέρια. Και τα δυο χέρια της Μυκηναίας κάμπτονται στον αγκώνα και φέρονται προς τα επάνω, το αριστερό λυγισμένο στο ύψος του λαιμού, το δεξί, κρατώντας την προσφορά, με κλειστή παλάμη. Η στάση του αριστερού χεριού είναι περισσότερο δυσερμήνευτη. Ίσως κατευθύνεται προς το περιδέραιο, ώστε η μορφή να το πιάσει και να το φορέσει επάνω της. Στα χέρια, οι λεπτομέρειες έχουν αποδοθεί με μεγάλη δεξιοτεχνία. Σε όλα τα δάχτυλα δηλώνονται τα νύχια –μετωπικά στο δεξί χέρι, από το πλάι στο αριστερό– καθώς και οι πτυχές του δέρματος. Η σχεδίαση πάντως και στα δύο χέρια παρουσιάζει κάποια λάθη. Στο δεξί χέρι ο αντίχειρας είναι αφύσικα μακρύς, ενώ οι συσπειρωμένες φάλαγγες έχουν εξισωθεί κατά το μήκος. Στο αριστερό χέρι, ο αντίχειρας σχεδιάστηκε σαν να επρόκειτο για δεξί χέρι.

Κοσμήματα. Στο δεξί χέρι η μορφή κρατά δύο σειρές περιδέραια, που τα άκρα των νημάτων τους συνελίζονται πάνω από την κλειστή παλάμη. Οι χάντρες της εσωτερικής σειράς είναι αμυγδαλόσχημες –σχήμα που συνηθίζεται στις πομπές της Θήβας και της Πύλου (Κριτσέλη-Προβίδη, 1982, σμ.169)– και σφαιρικές,

κόκκινες και κίτρινες, ενώ η άλλη σειρά αποτελείται από ομοιόχρωμες χάντρες, σταγονόσχημες και σφαιρικές. Τρεις σειρές ίδια περιδέραια, με κόκκινες και κίτρινες χάντρες σε ομάδες ανά τρεις, στολίζουν και το λαιμό: το ανώτερο αποτελείται από σφαιρικές, τα δύο άλλα από σταγονόσχημες χάντρες. Την μορφή κοσμούν επίσης και πολλά βραχιόλια. Σε κάθε χέρι γράφτηκαν δύο σειρές κόκκινες και κίτρινες σφαιρικές χάντρες, και εδώ τρεις τρεις, σε αντίθετο χρωματικό συνδυασμό με τις χάντρες των περιδεραίων, δηλαδή μια κίτρινη ανάμεσα σε δύο κόκκινες. Ένα τρίτο βραχιόλι σε κάθε χέρι, έχει γραφτεί σαν κόκκινος κρίκος σε σχήμα U. Στα περιδέραια οι χάντρες είναι περασμένες σε κίτρινο νήμα, ενώ στα βραχιόλια σε κόκκινο.

Όσο για το υλικό το οποίο υποδηλώνεται για τα εικονιζόμενα κοσμήματα, το κίτρινο χρώμα δηλώνει το χρυσό πιθανότατα, και το κόκκινο κάποιον ημιπολύτιμο λίθο, ίσως σάρδιο.

3.2. Εικονογραφία σύνθεσης

Με βάση το δεδομένο θραυσμάτων που βρέθηκαν στον ίδιο χώρο (Κριτσέλη-Προβίδη, 1982, σμ.176), η μορφή που απεικονίζεται στην “Μυκηναία” πρέπει να είναι καθισμένη, αναφέρεται πιθανότατα σε κάποια θεότητα. Η πολυτέλεια της ένδυσης, και η απόδοση σοβαρότητας και μεγαλοπρέπειας στη μορφή, ενισχύουν αυτή την άποψη. Προς την Μυκηναία-θεότητα λοιπόν πρέπει να φανταστούμε ότι κατευθυνόταν πομπή από ένα αριθμό γυναικών. Η θεότητα έχει μόλις δεχτεί τα κοσμήματα που της προφέρθηκαν ίσως μέσα σε πυξίδα ή άλλο σκεύος, ή ακόμα χέρι με χέρι (Κριτσέλη-Προβίδη, 1982, σμ.177). Δεν αποκλείεται η τελευταία περίπτωση να είναι η επικρατέστερη, όπως έχει εκτιμηθεί ότι συμβαίνει και με σκηνή τοιχογραφίας από το Ακρωτήρι όπου γυναικεία μορφή προσφέρει περιδέραιο από χάντρες ορείας κρυστάλλου (Μαρινάτος, 1968-1976). Και εδώ πιθανόν συμβαίνει το ίδιο, με το περιδέραιο να έχει προσφερθεί από την πρωθιέρεια της πομπής. Προς την ενίσχυση της υπόθεσης ότι έχουμε πρόσφορα (Κριτσέλη-Προβίδη, 1982, σμ.179) είναι η στάση της θέας που θυμίζει αντίστοιχη στάση από την παράσταση στο χρυσό δαχτυλίδι των Μυκηνών (σχήμα 4).

Το βλέμμα σε συνδυασμό με το χαμόγελο του προσώπου φανερώνουν την ικανοποίηση της εικονιζόμενης, στη θέα του κοσμήματος που κρατά. Η εγκαρδιότητα του χαμόγελου υπογραμμίζεται εκτός από τη λοξή γραμμή των χειλιών, και με το στένεμα του ματιού, με την οριζόντια κάτω γραμμή (Κριτσέλη-Προβίδη, 1982, σμ.180). Όσον αφορά την ακριβέστερη ταυτότητα της σύνθεσης, σημειώνουμε ότι οι (Marinatos και Hirmer, 1973, σμ. στον πίν. LV) έχουν πιθανολογήσει ότι



Σχήμα 4: Χρυσό δαχτυλίδι από τον ταφικό κύκλο Α των Μυκηνών. Θείκη μορφή καθισμένη δέχεται προσφορές (λουλούδια) από πομπή.

πρόκειται για παράσταση της Εριφύλης, η οποία κρατά το περιδέραιο της Αρμονίας στα χέρια (Κριτσέλη-Προβίδη, 1982, σμ.181).

Ο ζωγράφος προσδίδει στο πρόσωπο έντονη έκφραση, με τα υψωμένα φρύδια, τα μισόκλειστα μάτια και τη γραμμή του χαμόγελου. Σοφά μελετημένη είναι η κλίση του κεφαλιού, η στροφή του σώματος, ο συνδυασμός μετωπικής και πλαϊνής στάσης και η θέση των χεριών. Ο λυρισμός του σχεδίου, οι πετυχημένες εναλλαγές χρωμάτων και η έμφαση στη λεπτομέρεια μας δίνουν μία από τις πιο αξιόλογες συνθέσεις της κρητομυκηναϊκής τέχνης, κατά γενική ομολογία (Schachermeyr, 1976, σ.105), (Κριτσέλη-Προβίδη, 1982, σ.40).

4. Τεχνική εκτέλεσης της “Μυκηναϊκής” και σχετικών έργων

4.1. Νωπογραφία και ξηρογραφία

Η “Μυκηναϊκή” είναι ζωγραφισμένη με την μέθοδο της νωπογραφίας (Κριτσέλη-Προβίδη, 1982, σ.94-95), γωστή και ως καθαρό φρέσκο (*buon fresco*). Στη νωπογραφία τα χρώματα, αρχικά σε μορφή σκόνης, διαλύονται σε νερό ή ασβεστόνερο και τοποθετούνται πάνω στην υγρή στρώση του τοίχου χωρίς συνδετικό μέσο. Όσο μεγαλύτερη η υγρότητα του κονιάματος τη στιγμή που εκτελείται το σχέδιο και τοποθετούνται τα χρώματα, τόσο καλύτερα αυτά στερεώνονται, δένουν με το κονίαμα και διατηρούνται. Όταν αντίθετα το κονίαμα έχει στεγνώσει εντελώς και άρα ο τοίχος είναι στεγνός όταν τοποθετούνται τα χρώματα, έχουμε πια ξηρογραφία (*al secco*). Ενώ αυτή η τεχνική δεν προϋποθέτει κάποιο περιορισμό στον χρόνο που πρέπει να εκτελεστεί το έργο, αφού ο καμβάς είναι ήδη στεγνός, το αρνητικό είναι ότι τα χρώματα με τον καιρό ξεφλουδίζουν ή και σβήνονται εντελώς. Τα περισσότερα σωζόμενα ζωγραφικά

έργα από το θρησκευτικό κέντρο των Μυκηνών είναι νωπογραφίες.

4.2. Χρώματα

Στις τοιχογραφίες που βρέθηκαν στο θρησκευτικό κέντρο των Μυκηνών, συμπεριλαμβανομένου και τις “Μυκηναϊκής”, έχουν χρησιμοποιηθεί συνολικά πέντε διαφορετικά χρώματα: μαύρο, κόκκινο, γαλάζιο, κίτρινο και λευκό (Κριτσέλη-Προβίδη, 1982, κεφ.6). Για το μαύρο χρησιμοποιείται μαγγάνιο (Hood, 1994) ή κάρβουνο που παράγεται από την καύση οργανικών ουσιών, κυρίως οστών. Το κίτρινο είναι φυσικό χρώμα, από απλή ώχρα. Το γαλάζιο αντιστοιχεί στο “αιγυπτιακό μπλε” και είναι τεχνητό χρώμα. Αποδείχτηκε ότι μόνο αυτό το είδος γαλάζιου χρησιμοποιήθηκε στις Μυκήνες, όπου και παραγόταν συστηματικά. Σημειώνουμε ότι ένα δεύτερο είδος γαλάζιου, φυσικής προέλευσης, χρησιμοποιήθηκε στην Κνωσό και στη Θήρα (Filippakis et al., 1976; Filippakis, 1978). Το κόκκινο παράχθηκε από τη σκόνη κάποιου οξειδίου του σιδήρου. Για το άσπρο χρησιμοποιήθηκε το χρώμα της επιφάνειας του ασβεστοκονιάματος, έτσι όπου χρειαζόταν αυτό το χρώμα απλά έμενε αχρωμάτιστη ουσιαστικά η επίστρωση. Για πρόσθετες λεπτομέρειες χρησιμοποιούνταν διαλυμένος ασβέστης. Τα χρώματα είναι σταθερά και παντού τα ίδια, χωρίς διαβαθμίσεις ή κάποια απόπειρα εκτέλεσης φωτοσχίασης. Σαν χρώμα φόντου χρησιμοποιούνταν στις συνθέσεις του θρησκευτικού κέντρου συνήθως το άσπρο ή το γαλάζιο (Κριτσέλη-Προβίδη, 1982, σ.98). Στην περίπτωση που το φόντο δεν είναι άσπρο, άρα δεν είναι το φυσικό χρώμα του ασβεστοκονιάματος, ο ζωγράφος επιλέγει μία από δύο λύσεις. Αναλόγως πως βολεύει στην εκάστοτε σύνθεση, είτε χρωματίζει όλη την επιφάνεια και πάνω σ’αυτή προσθέτει τα θέματά του, είτε εξαιρεί χώρο από το έδαφος αντίστοιχο με τα θέματά του.

Σημειώνουμε ότι απουσιάζουν εντελώς από όλα τα έργα που βρέθηκαν στο θρησκευτικό κέντρο των Μυκηνών βασικά χρώματα όπως το καφέ, το γκριζο και το πράσινο. Το πράσινο ειδικά είναι αρκετά σπάνιο στην κρητομυκηναϊκή ζωγραφική γενικότερα (Κριτσέλη-Προβίδη, 1982, σ.94). Όπου αυτό χρειάζεται, για παράδειγμα σε φυσιοκρατικές συνθέσεις, υποκαθίσταται από άλλο χρώμα ή προσεγγίζεται κατά το δυνατόν από κάποιον συνδυασμό υπαρχόντων χρωμάτων.

Στην “Μυκηναϊκή”, πρώτα τοποθετήθηκε το γαλάζιο του φόντου, από το οποίο εξαιρέθηκε χώρος για το κεφάλι, τα χέρια και το σώμα (Κριτσέλη-Προβίδη, 1982, σ.40). Στη συνέχεια γράφηκαν τα κόκκινα και κίτρινα χρώματα και τελευταία το μαύρο στα μαλλιά και στα περιγράμματα. Το κίτρινο χρώμα του πουκάμισου ζωγραφίστηκε με πλατιές πινελιές, γι’αυτό είναι

χονδρόκοκκο. Αντίθετα το κίτρινο χρώμα στις χάντρες έγινε με λεπτό πινέλο και λίγο χρώμα, απαλλαγμένο από κατακάθια. Το χρώμα του εδάφους είναι επίσης χονδρόκοκκο. Πρόσθετο άσπρο χρώμα χρησιμοποιήθηκε στις κορδέλες των μαλλιών και στο νήμα των περιδεραίων που κρατάει η Μυκηναϊά στο σημείο αυτό έχουμε τρία στρώματα: γαλάζιο (έδαφος), άσπρο (νήμα), κίτρινο και κόκκινο (χάντρες) (Κριτσέλη-Προβίδη, 1982, σ.40). Ειδικά στις ύστερες χρωματικές στρώσεις στο περιδέραιο παρατηρούμε κάποιο ξεφλούδισμα σε κάποια σημεία, επειδή λόγω του χρόνου τοποθέτησης τους το κονίαμα του τοίχου είχε στεγνώσει σε ένα βαθμό και δεν έδωσε καλά με το χρώμα (Κριτσέλη-Προβίδη, 1982, σ.95).

4.3. Βοηθητικά μέσα σχεδίασης

Έχουν βρεθεί άφθονα ίχνη από χρωματιστές ή εγχάρακτες γραμμές προσχεδίου, σε αρκετά από τα έργα από το θρησκευτικό κέντρο των Μυκηνών (Κριτσέλη-Προβίδη, 1982, σ.95). Τέτοιες γραμμές θα βοηθούσαν στην γρήγορη και σωστή εκτέλεση του σχεδίου. Δημιουργούνται πάνω στο κονίαμα με τεντωμένα νήματα ή με κάποιο αιχμηρό εργαλείο. Στις χρωματιστές γραμμές προσχεδίου, το χρησιμοποιούμενο χρώμα είναι σχεδόν πάντα κίτρινο και χρησιμοποιείται στα περιγράμματα όλων των εικονιζόμενων μορφών, των ενδυμάτων, και αλλού. Όσον αφορά την χρήση έντυπων γραμμών, αυτή είναι πιο σπάνια. Στην κρητομυκηναϊκή ζωγραφική έχει συνδεθεί με την χρήση διαβήτη όπως αρκετά συχνά σε ευρήματα από την Τύρινθα και την Πύλο (Κριτσέλη-Προβίδη, 1982, σ.96) αλλά και σε κάποια έργα από τις Μυκήνες.

4.3.1. Χρήση στένσιλ

Η αρτιότητα της χάραξης πολλών από τις καμπύλες που συναντάμε στην “Μυκηναϊά” και αλλού, οδήγησε διάφορους μελετητές στην διερεύνηση της πιθανότητας χρήσης στένσιλ, κάποιου είδους προκατασκευασμένου υποδείγματος δηλαδή στη σχεδίαση (Birtacha και Zacharioudakis, 2000; Papaodysseus et al., 2006a,b; Rousopoulos et al., 2009). Οι Birtacha και Zacharioudakis (2000) επεσήμαναν την αντιγραφική επανάληψη κάποιων μοτίβων, αρχικά σε υστεροκυκλαδικά έργα, προγενέστερα των εδώ εξεταζόμενων έργων. Αργότερα η ομάδα των Papaodysseus et al. (2006a) συνέστησε μια απλή μέθοδο ελέγχου μιας δεδομένης καμπύλης για το αν είναι κατασκευασμένη σε ελεύθερη σχεδίαση ή όχι. Κατ’αυτή τη μέθοδο πρώτα ταιριάζεται η καμπύλη υπό εξέταση με μια αντίστοιχη, γεωμετρικά ιδανική καμπύλη. Η ποιότητα του ταιριάσματος ή όπως καταγράφεται συνηθέστερα, το σφάλμα ται-

ριάσματος (“fitting error”), υπολογίζεται σαν την αθροιστική Ευκλείδεια απόσταση μεταξύ αντίστοιχων σημείων στις καμπύλες. Εάν η εξεταζόμενη καμπύλη είναι όντως τέλεια, το σφάλμα ταιριάσματος θα είναι σχεδόν μηδενικό, αφού τα αντίστοιχα σημεία μεταξύ εξεταζόμενης καμπύλης και γεωμετρικά ιδανικής καμπύλης θα συμπέφτουν. Αν από την άλλη η καμπύλη δεν είναι τέλεια, το σφάλμα ταιριάσματος θα είναι μεγαλύτερο, όσο μεγαλύτερες είναι και οι ατέλειες που παρατηρούνται. Στατιστική επεξεργασία του σφάλματος μπορεί στη συνέχεια να απορρίψει ή να επιβεβαιώσει την χρήση στένσιλ.

Το ενδεχόμενο χρήσης στένσιλ έχει προταθεί, και τελικά επιβεβαιωθεί σύμφωνα με την προαναφερθείσα μέθοδο, και για κρητομυκηναϊκά έργα προερχόμενα από άλλες ανασκαφές. Συγκεκριμένα ανάλογες υποθέσεις έχουν διατυπωθεί και επιβεβαιωθεί, εκτός από την ίδια την “Μυκηναϊά” (Rousopoulos et al., 2009), και για τις “Κροκοσυλλέτριες” (Papaodysseus et al., 2006a), τα “Γυμνά αγόρια” (Rousopoulos et al., 2009) και τα σπειροειδή μοτίβα από την Ξεστή 3 στην ανασκαφή του Ακρωτηρίου της Θήρας (Papaodysseus et al., 2006b). Τα προηγούμενα έργα χρονολογούνται στην Υστεροκυκλαδική Ι, ήτοι γύρω στα 1650π.Χ. και άρα περίπου μισή χιλιετία πριν την “Μυκηναϊά”.

Στην εικόνα 5, βλέπουμε τις περιοχές ζωγραφισμένες με χρήση στένσιλ. Έχουν επισημανθεί τέσσερις τουλάχιστον διαφορετικοί τύποι στένσιλ επιστρατευμένοι για την “Μυκηναϊά”. Τα δύο στένσιλ έχουν σχήμα γεωμετρικής υπερβολής, ενώ τα υπόλοιπα δύο έχουν σχήμα γραμμικής σπείρας (Rousopoulos et al., 2009).

Η χρήση προκατασκευασμένου υποδείγματος στη σχεδίαση εξηγεί την σταθερότητα που απαιτεί η αρτιότητα των αντίστοιχων καμπύλων, αλλά και ίσως να ήταν επιβεβλημένη δεδομένου της ταχύτητας που απαιτεί η εκτέλεση του σχεδίου στη νωπογραφία. Παράλληλα, η χρήση στένσιλ σαν ζωγραφική τεχνική σε μια τόσο πρώιμη εποχή είναι από μόνο της κάτι το αρκετά αξιόλογο, όπως και η γνώση γεωμετρικών κατασκευών όπως η γραμμική σπείρα (πρβλ. και in.gr (2006) από τον τύπο), μία περίπου χιλιετία πριν την παλαιότερη γνωστή θεωρητική διατύπωσή τους.

5. Ανακατασκευή τοιχογραφίας

5.1. Γενικά

Σε σχέση με τον αριθμό και την έκταση των κρητομυκηναϊκών θέσεων που είναι γνωστές σήμερα, δεν έχουμε αντίστοιχο πλήθος διασωσμένων τοιχογραφιών. Από τα εκατοντάδες τετραγωνικά μέτρα διακοσμημένης επιφάνειας στα ανάκτορα και τις επαύλεις της προϊστο-



Σχήμα 5: Χρήση στένσιλ στην “Μυκηναία”. Οι τονισμένες κόκκινες και μωβ καμπύλες αντιστοιχούν σε στένσιλ σχήματος γραμμικής σπείρας. Οι τονισμένες μπλε και γαλάζιες καμπύλες αντιστοιχούν σε στένσιλ σχήματος γεωμετρικής υπερβολής (Rousopoulos et al., 2009).

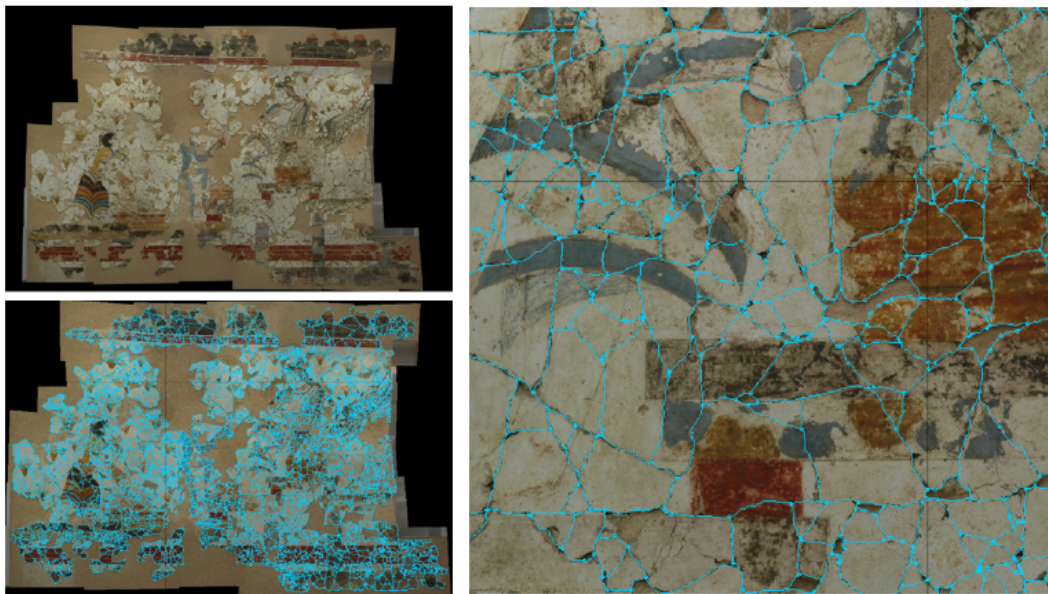
ρικής Κρήτης για παράδειγμα, σώθηκαν πολύ λίγα απομεινάρια (Κριτσέλη-Προβίδη, 1982, σ.15). Το φαινόμενο εξηγείται λόγω της φύσης του κονιάματος σαν φθαρτό υλικό. Μετά από την όποια καταστροφή, πυρκαγιά, σεισμό ή εισβολή οι τοιχογραφίες θα καταπέσουν, θα κομματιαστούν και κατά κανόνα θα γίνουν ένα με το χώμα ή θα χαθούν. Αν πάλι οι συνθήκες επιτρέψουν την διατήρηση του κονιάματος, υπάρχει ακόμα το πρόβλημα της συγκόλλησης των θραυσμάτων στα οποία έσπασε η τοιχογραφία. Στην περίπτωση της “Μυκηναίας”, η οποία βρέθηκε σε ένα μόνο κομμάτι (ο κορμός της εικονιζόμενης μορφής τουλάχιστον, το υπόλοιπο κομμάτι έχει χαθεί), μπορούμε να αντιπαραβάλλουμε περιπτώσεις, καθόλου σπάνιες, όπου έχουμε εκατοντάδες ή και χιλιάδες κομμάτια. Για παράδειγμα η “Κροκοσυλλέκτρια και η Πότνια” (σχ. 6) , τοιχογραφία από την Ξεστή 3 στο Ακρωτήρι, διαστάσεων 3,22 επί 2,30 μέτρα, μετρά ούτε λίγο ούτε πολύ 4.147 κομμάτια (Shin et al., 2010). Στην ίδια ανασκαφή ανάλογες συνθέσεις βρίσκονται στη διαδικασία αποκατάστασης, ενώ χιλιάδες άλλα κομμάτια βρίσκονται αποθηκευμένα, αναμένοντας την συντήρηση και τη συναρμολόγησή τους.

5.2. Ένας δύσκολος γρίφος

Η συναρμολόγηση και αποκατάσταση μιας θρυμματισμένης τοιχογραφίας είναι μια πολύπλοκη και χρονοβόρα διαδικασία, που εκτελείται από αρμόδια ομάδα συντήρησης σε ένα αριθμό από διακριτές και ανακυκλούμενες φάσεις εργασίας (Scorigno et al., 2011). Το κάθε θραύσμα πρέπει πρώτα να επιθεωρηθεί ως προς τα γεωμετρικά και ζωγραφικά του χαρακτηριστικά. Ύστερα να διατυπωθεί κάποια υπόθεση ταιριάσματος με άλλο θραύσμα ή άλλο εκτεταμένο κομμάτι της σύνθεσης. Τέλος, η υπόθεση ταιριάσματος του θραύσματος να ελεγχθεί. Ο έλεγχος για ταιρίασμα δεν είναι απλή υπόθεση, ειδικά όταν έχουμε να κάνουμε με κομμάτια σχετικά μεγάλης διάστασης. Δεδομένου ότι τα κομμάτια του κονιάματος είναι εύθραυστα αντικείμενα, η τοποθέτηση δύο κομματιών το ένα δίπλα στο άλλο είναι πολλές φορές από μόνη της μια πολύπλοκη και τεχνική διαδικασία, που περιλαμβάνει συγκόλληση των κομματιών μεταξύ τους και επάνω σε κατάλληλη επιφάνεια στήριξης.

Οι συντηρητές θα βασίσουν την απόφασή τους για κάποιον έλεγχο ταιριάσματος με βάση ένα υποσύνολο του συνόλου των κομματιών, εκ των πραγμάτων' ωστόσο η τελική κρίση για την ορθότητα της συναρμολόγησής μπορεί να διατυπωθεί μόνο μετά από μια σφαιρική άποψη του συνόλου της αποκατεστημένης τοιχογραφίας, κάτι το οποίο περιπλέκει περαιτέρω τα πράγματα. Επιπλέον, η πράξη της αποκατάστασης περιλαμβάνει και τη διατύπωση κάποιας υπόθεσης για το ζωγραφικό περιεχόμενο του μέρους της σύνθεσης που δεν αντιστοιχεί σε σωζόμενο κονίαμα (π.χ. σχήμα 2). Αυτή η υπόθεση αλληλεξαρτάται με τις υποθέσεις που σχετίζονται με το βήμα της συναρμολόγησης και σχέσης μεταξύ των σωζόμενων κομματιών.

Δεν είναι εντελώς σπάνια τα λάθη στη συναρμολόγηση και αποκατάσταση εξάλλου (Evely, 1999, σ.119), τα οποία πρέπει αφού εντοπιστούν να αναιρεθούν με μια εξίσου τεχνική διαδικασία από την ομάδα συντήρησης. Το “Γαλάζιο αγόρι” για παράδειγμα, είναι ένα από τις πιο γνωστές λανθασμένες προτάσεις αποκατάστασης (σχήμα 7). Η εικονιζόμενη μορφή είναι στην πραγματικότητα όχι αγόρι αλλά μια μαϊμού. Μέρος της ουράς, ενώ είχε αναγνωριστεί στην πρώτη αποκατάσταση σαν μέρος της σύνθεσης (ορατό στο δεξί άκρο του σχήματος 7), είχε εκληφθεί αρχικά σαν μέρος της διακόσμησης παρά σαν μέρος της μορφής, κάτι που στη συνέχεια οδήγησε στη λάθος υπόθεση για το μέρος της σύνθεσης που έλειπε. Τον καιρό που είχε γίνει η πρώτη πρόταση αποκατάστασης (πριν τα 1915), δεν είχαν ήταν γνωστά άλλα ευρήματα τοιχογραφιών που να απεικονίζουν γαλάζια μαϊμού στην μινωική τέχνη, κάτι που



Σχήμα 6: Η “Κροκοσυλλέκτρια και η Πότνια”. Υστεροκυκλαδική τοιχογραφία από το Ακρωτήρι της Θήρας. Συναρμολογημένη σήμερα, απαρτίζεται από περισσότερα από τέσσερις χιλιάδες κομμάτια (Shin et al., 2010; Papandreou, 2009).

δικαιολογεί σε ένα μεγάλο βαθμό το σφάλμα. Η παραπάνω αφήγηση είναι ενδεικτική μιας άλλης διάστασης της δυσκολίας της δουλειάς κατά την αποκατάσταση της τοιχογραφίας. Η έλλειψη λιγότερων ή περισσότερων κομματιών της σύνθεσης, καθώς και η όποια φθορά των ήδη υπαρχόντων, οδηγούν στην διατύπωση υποθέσεων με βάση την ήδη γνωστή εικονογραφία και τεχνοτροπία της καλλιτεχνικής σχολής στην οποία αποδίδεται το εύρημα. Η βελτιούμενη συλλογική αντίληψη πάνω σε αυτά τα χαρακτηριστικά της τέχνης της εξεταζόμενης εποχής και κουλτούρας, μπορεί να τροφοδοτήσει τις υπάρχουσες και νέες αποκαταστάσεις με νέες υποθέσεις οι νέες αποκαταστάσεις εμπλουτίζουν την άποψη των αρχαιολόγων πάνω στην εικονογραφία και τεχνοτροπία, με τη σειρά τους. Η αποκατάσταση του καλλιτεχνικού έργου έτσι εντάσσεται σε αμοιβαία, διαλεκτική σχέση με τις υπόλοιπες όψεις της αρχαιολογίας σαν επιστημονική διαδικασία. Σαν τέτοια, η πιθανότητα λάθους ή ανασκευής μια πρότασης ανακατασκευής δεν μειώνουν την εγκυρότητα της όλης διαδικασίας, αλλά θα πρέπει να εκληφθούν σαν κάτι το φυσικό. Από την άλλη η ανακατασκευή και συναρμολόγηση της τοιχογραφίας (όπως ισχύει και για καλλιτεχνικά έργα άλλου τύπου, π.χ. κεραμικά (Hori et al., 1999)), αναδεικνύεται λοιπόν σε κάθε άλλο παρά μια απλή ή μηχανιστική διαδικασία, αλλά πολύπλοκη και πολυδιάστατη, χρονοβόρα άρα και πολυδάπανη.



Σχήμα 7: Λάθη στην αποκατάσταση: Το “Γαλάζιο αγόρι”. Μινωική τοιχογραφία με αποκατάσταση που αποδείχθηκε στη συνέχεια λανθασμένη. Το θραύσμα που διακρίνεται στα άκρα δεξιά είναι στην πραγματικότητα ουρά και είναι μέρος της μορφής, η οποία είναι μαιμού και όχι αγόρι.

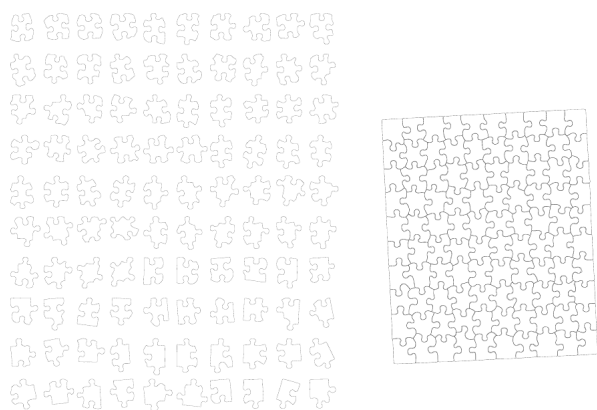
5.3. Η τοιχογραφία σαν παζλ

Από πολλές απόψεις, το πρόβλημα της αποκατάστασης μιας θρυμματισμένης τοιχογραφίας, μοιάζει με την προσπάθεια λύσης ενός επιτραπέζιου παζλ (McBride και Kimia, 2003; Willis και Cooper, 2008). Η προφανής ομοιότητα είναι κατ'αρχήν ότι το δεδομένο μας είναι ένας αριθμός από κομμάτια-θραύσματα, που το καθένα ξέρουμε ότι αντιστοιχεί σε μια αντικειμενικά σωστή θέση μέσα σε μια δισδιάστατη τοπολογία (σχ. 8). Το ζητούμενο είναι να βρεθεί αυτή η θέση για κάθε ένα από τα αρχικά κομμάτια-θραύσματα.

Επίσης, ο οδηγός στην λύση των δύο προβλημάτων είναι ένα τουλάχιστον από δύο είδη δεδομένων: 1) τα

γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κάθε κομματιού και τα 2) εικονογραφικά-ζωγραφικά χαρακτηριστικά του κάθε κομματιού. Σύμφωνα με αυτά γίνεται το ταίριασμα των κομματιών μεταξύ τους, και στη μία και στην άλλη περίπτωση.

Η αναλογία μεταξύ των δύο προβλημάτων, μας ενδιαφέρει επειδή εκτός από την αναλογία στον ορισμό, υπάρχουν ορισμένες αναλογίες όσον αφορά την επίλυση τους. Συγκεκριμένα, στην στρατηγική γενικά που πρέπει να καταστρωθεί και να ακολουθηθεί, και ακόμα περισσότερο στην προοπτική για συστηματοποίηση και αυτοματοποίηση της λύσης.



Σχήμα 8: Παραδοσιακό επιτραπέζιο παζλ. Στα αριστερά βλέπουμε τα κομμάτια-δεδομένα, στα δεξιά την λύση.

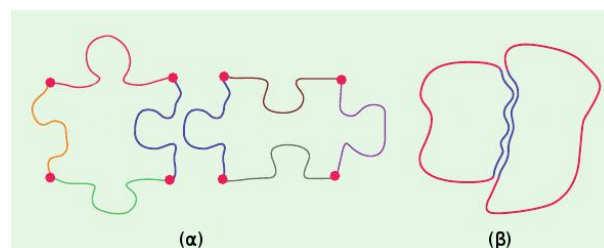
Έχει γίνει αρκετή δουλειά, θεωρητική και πρακτική, πάνω στο πρόβλημα της λύσης επιτραπέζιων παζλ. Η εισαγωγή του προβλήματος σαν υπολογιστικό πρόβλημα γίνεται το 1964 από τους Freeman και Gardner (1964). Το αίτημα οπότε είναι πλέον όχι μόνο να διατυπωθεί κάποια συστηματική μέθοδος επίλυσης αλλά και να αξιοποιηθεί υπολογιστής για τη λύση. Από τις πρώτες εργασίες πάνω στο θέμα μέχρι σήμερα, έχουν προταθεί πλήθος από προσεγγίσεις, που καλύπτουν διάφορες παραλλαγές του βασικού επιτραπέζιου παζλ (Alajlan, 2009; Burdea και Wolfson, 1989; Chung et al., 1998; Cho et al., 2010; Kosiba et al., 1994; Goldberg et al., 2002; Gallagher, 2012; Pomeranz et al., 2011; Wolfson et al., 1988). Ορισμένα από τα αποτελέσματα είναι εντυπωσιακά, με τα πιο πρόσφατα μοντέλα λύσης που προτάθηκαν να μπορούν να λύσουν παζλ που αποτελούνται από μέχρι και εκατοντάδες κομμάτια (Cho et al., 2010; Gallagher, 2012; Yang et al., 2011). Ενδεικτικά αναφέρουμε την πρόταση των Nielsen et al. (2008), η οποία μπορεί να λύσει παραδοσιακά επιτραπέζια παζλ μέχρι και 320 κομματιών, ή τις δουλειές των Pomeranz et al. (2011) και Gallagher (2012) πάνω σε παζλ γραπτών τετραγωνικών κομματιών, που μπορούν να λύσουν παζλ μέχρι και 3300 και 9600 κομματιών αντίστοιχα,

μέσα σε χρόνο μερικών λεπτών χρησιμοποιώντας ένα μέσο σύγχρονο υπολογιστή.

Δεν θα πρέπει να σκεφτούμε ότι τα εντυπωσιακά αποτελέσματα που παραθέσαμε προηγουμένως οφείλονται μόνο στην, χρόνο με τον χρόνο, διαθεσιμότητα ολοένα και ταχύτερων και δυνατότερων υπολογιστών ή ακόμα ότι η διατύπωση ενός προβλήματος σαν υπολογιστικό είναι μια διαδικασία αυτονόητη ή μονοσήμαντη. Οι εργασίες που αναφέρουμε παραπάνω αντιπροσωπεύουν πλήθος από διαφορετικές προσεγγίσεις για την λύση της ίδιας κατηγορίας προβλήματος, αλλά και σταδιακές θεωρητικές εκλεπτύνσεις και επεκτάσεις πάνω σε υπάρχοντα μοντέλα. Όλες πάντως εκφράζουν λίγο πολύ τη μεταγραφή κάποιας στρατηγικής –όπως π.χ. μια στρατηγική λύσης παζλ είναι να αρχίσουμε βρίσκοντας ποια κομμάτια είναι στο περιθώριο, ή να φτιάξουμε συστάδες κομματιών που θα συνενωθούν στη συνέχεια κλπ.– με υπολογιστικούς όρους και υπολογιστικά θεωρητικά εργαλεία.

5.4. Διαφορές τοιχογραφικού και επιτραπέζιου παζλ

Μπορούμε λοιπόν να χρησιμοποιήσουμε τις μεθόδους για λύση παζλ για να πραγματοποιήσουμε την ανακατασκευή μιας μυκηναϊκής τοιχογραφίας; Η απάντηση είναι δυστυχώς όχι – τουλάχιστον όχι απευθείας, χωρίς κάποια διαδικασία μετασκευής του αρχικού μοντέλου.



Σχήμα 9: Οι διαφορές της λύσης ενός επιτραπέζιου παζλ με το πρόβλημα συναρμολόγησης μιας τοιχογραφίας. Σχήμα από Willis και Cooper (2008).

Η κύρια διαφορά που κάνει την λύση του τοιχογραφικού παζλ ένα πρόβλημα αρκετά πιο δύσκολο από αυτό της λύσης ενός παραδοσιακού παζλ, είναι ότι στην τοιχογραφία το όριο του κάθε κομματιού-θραύσματος είναι ακανόνιστο και μπορεί να έχει πρακτικά οποιοδήποτε σχήμα. Στο επιτραπέζιο παζλ έχουμε συνήθως τυποποιημένα σχήματα. Αυτή η διαφορά συνεπάγεται ότι δύο τοιχογραφικά κομμάτια μπορεί να ταιριάζουν στις επιφάνειες τους δυναμικά κατά μήκος οποιοδήποτε υποσύνολο της περιμέτρου τους (σχ. 9).

Η φθορά ή πιθανή διάβρωση των κομματιών επίσης αυξάνει τον βαθμό δυσκολίας. Η συναρμολόγηση θα πρέπει να βασιστεί εξάλλου είτε σε γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κάθε θραύσματος, ή εικονογραφικά

χαρακτηριστικά από την επιφάνεια του. Η απώλεια της αξιοπιστίας αυτών των δεδομένων προφανώς δυσκολεύει τη λύση ¹.

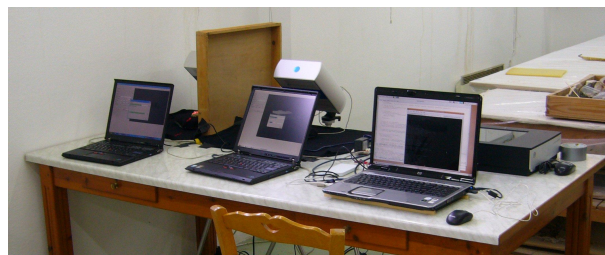
Ο αριθμός του συνόλου των κομματιών της σύνθεσης δεν είναι γνωστός εκ των προτέρων στην τοιχογραφία. Επίσης, κάποια κομμάτια μπορεί να λείπουν και μάλιστα να μην βρεθούν ποτέ.

5.5. Υπολογιστική συναρμολόγηση και αποκατάσταση της τοιχογραφίας

Κατ'είκόνα της δουλειάς που έχει γίνει πάνω στο παραδοσιακό, επιτραπέζιο, δισδιάστατο παζλ στην οποία αναφερθήκαμε προηγουμένως, έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές εργασίες πάνω στην λύση του τοιχογραφικού παζλ με χρήση υπολογιστή (Brown et al., 2008; Funkhouser et al., 2011; García-Castañeda et al., 2011; Hori et al., 1999; Papaodysseus et al., 2002; Sağıroğlu και Erçil, 2005, 2006; Shin et al., 2010; Toler-Franklin et al., 2010).

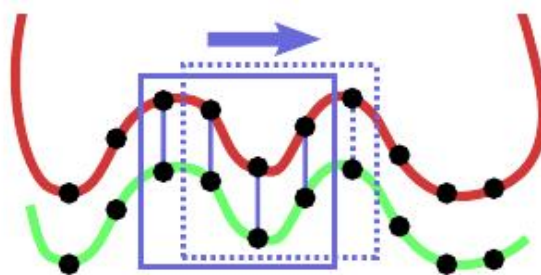
Η πρόοδος στα αποτελέσματα δεν ακολουθεί πάντως την πρόοδο που έχει σημειωθεί όσον αφορά το επιτραπέζιο παζλ. Ο κύριος λόγος για αυτή την απόκλιση είναι βέβαια οι δυσκολίες που αναφέραμε παραπάνω.

Ένας μεγάλος όγκος δουλειάς στοχεύει στην έρευνα για ένα αποτελεσματικό τρόπο εύρεσης των κομματιών που ταιριάζουν. Η εύρεση όλων των σωστών ταιριάσματος μεταξύ των θραυσμάτων είναι κομβικό σημείο για την επίλυση του συνολικού προβλήματος της συναρμολόγησης. Σε αντίθεση με ό,τι ισχύει για το επιτραπέζιο παζλ, η λύση εδώ δεν είναι αυτονόητη, λόγω ακριβώς της ακανόνιστης γεωμετρίας των κομματιών. Για να μπορέσει να πραγματοποιηθεί ο όποιος έλεγχος για ταιριάσματα και οποιαδήποτε ψηφιακή επεξεργασία, πρέπει κατ'αρχήν τα κομμάτια να επεξεργαστούν από κατάλληλο τρισδιάστατο σαρωτή. Στη συνέχεια, να κατασκευαστεί κατάλληλο ψηφιακό μοντέλο για καθένα από αυτά. Ενδεικτικά αναφέρουμε την γραμμή επεξεργασίας που προτείνουν οι Brown et al. (2008), και έχει δοκιμαστεί σε πραγματικά δεδομένα στην ανασκαφή του Ακρωτηρίου. Με μια ολιγομελής ειδικευμένη ομάδα, μπορούν να σαρωθούν και να αποθηκευθούν ψηφιακά μέχρι δέκα θραύσματα ανά ώρα (σχ. 10). Ταυτόχρονα με την γεωμετρία των ακμών του θραύσματος, σαρώνεται και επίσης αποθηκεύεται η όποια ζωγραφική αναπαράσταση. Αφού ολοκληρωθεί η σάρωση, τα πρωτότυπα θραύσματα μπορούν να επιστραφούν στον χώρο αποθήκευσης τους και η υπόλοιπες εργασίες μπορούν να γίνουν αποκλειστικά εικονικά/ψηφιακά.



Σχήμα 10: Σύστημα σάρωσης και ψηφιακής αποθήκευσης τοιχογραφικών θραυσμάτων.

Στη συνέχεια ελέγχονται, ψηφιακά, όλα τα δυνατά ζεύγη μεταξύ των διαθέσιμων σαρωμένων θραυσμάτων για πιθανά ταιριάσματα. Ο έλεγχος πραγματοποιείται με βάση την γεωμετρία του θραύσματος (Brown et al., 2008) ή τα ζωγραφικά χαρακτηριστικά (Sağıroğlu και Erçil, 2006). Στην περίπτωση του ελέγχου με βάση τη γεωμετρία, λαμβάνονται δείγματα από το ψηφιακό μοντέλο κατά μήκος όλων των επαφών μεταξύ των δύο θραυσμάτων (σχ. 11). Όταν ικανός αριθμός από τα σημεία που έχουν δειγματοληφθεί είναι κοντά στις εκατέρωθεν πλευρές, το ζευγάρι σημειώνεται σαν πιθανό ταιρίασμα. Αυτό το ταιρίασμα θα αντιστοιχούσε στο χαρακτηριστικό αίσθημα “κλειδώματος” των δύο κομματιών στο εξεταζόμενο σημείο αν η εξέταση γινόταν χειροκίνητα από τους συντηρητές. Οι Brown et al. (2008) επίσης παρατηρούν ότι ο έλεγχος με βάση τη γεωμετρία είναι επιπλέον αξιόπιστος επειδή αυτό το “κλειδώμα” ή ψηφιακό ταιρίασμα γίνεται αισθητό ακόμα και στην περίπτωση που υπάρχει μερική διάβρωση στα θραύσματα. Στο προτεινόμε-



Σχήμα 11: Υπολογιστικός έλεγχος ταιριάσματος δύο θραυσμάτων. Με πράσινο και κόκκινο οι αντίστοιχες επιφάνειες των θραυσμάτων.

νο υπολογιστικό μοντέλο της ίδιας ομάδας, κάθε ζευγάρι μπορεί να ελεγχθεί για πιθανό ταιρίασμα μέσα σε κατά μέσο όρο 2 δευτερόλεπτα (Brown et al., 2008). Για τις ανάγκες δοκιμής της ποιότητας των αποτελεσμάτων, οι Brown et al. (2008) αρχικά κατασκεύασαν και θρυμματίσαν εσκεμμένα μια “τεχνητή” τοιχογραφία (σχ. 13), επάνω στην οποία δούλεψαν το υπολογιστικό μοντέλο. Η τεχνητή ή συνθετική τοιχογραφία –τεχνητή

¹Σε ορολογία επεξεργασίας σήματος, θα λέγαμε ότι εισάγεται θόρυβος στα δεδομένα

με την έννοια του μη πραγματικού αρχαιολογικού ευρήματος, αλλά κατασκευασμένη σε σύγχρονο εργαστήριο—δίνει το πλεονέκτημα της εκ των προτέρων γνώσης όλων των αντικειμενικά σωστών ταιριασμάτων και της λύσης της τοιχογραφίας, άρα και του ασφαλούς ελέγχου της απόδοσης της μεθόδου αποκατάστασης.

Σε έλεγχο του υπολογιστικού μοντέλου πάνω σε πραγματικά τοιχογραφικά δεδομένα από το Ακρωτήρι (τοιχογραφίες με σπείρες), το μοντέλο επιβεβαίωσε τα περισσότερα από τα γνωστά ταιριάσματα, αλλά και ανακάλυψε και κάποια μέχρι τότε άγνωστα (σχ. 12).



Σχήμα 12: Θραύσματα από την τοιχογραφία των “Σπειρών” από το Ακρωτήρι, που ταιριάστηκαν με το μοντέλο των Brown et al. (2008).

Οι García-Castañeda et al. (2011) πήραν ένα βήμα παραπέρα, χρησιμοποιώντας τα ταιριάσματα που έχουν βρεθεί για να συναρμολογηθούν συστάδες από θραύσματα. Ο αλγόριθμος τους καταφέρνει να ανασυνθέσει μια συστάδα μέχρι και 52 θραυσμάτων, αριθμό ρεκόρ για τα δεδομένα του προβλήματος. Τα αποτελέσματα τους πάντως μέχρι στιγμής αφορούν συνθετικές-τεχνητές τοιχογραφίες μόνο, ενώ μένει να ελεγχθεί κατά πόσο η ίδια απόδοση ισχύει και για πραγματικά δεδομένα.

Οι Shin et al. (2010) και Shin et al. (2011) πραγματοποίησαν μια στατιστική ανάλυση πάνω στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν τα τοιχογραφικά θραύσματα. Μετράνε μεγέθη όπως το εμβαδό, αριθμό πλευρών, μήκος πλευρών, καμπυλότητα και κυρτότητα, προσανατολισμό του κάθε θραύσματος, και αριθμό γειτόνων θραυσμάτων για κάθε θραύσμα. Τα στατιστικά ευρήματα τους οδηγούν προς την υπόθεση ενός ιεραρχικού μοτίβου θραύσης, όπου κάθε θραύσμα σπάει σε δύο μικρότερα αναδρομικά, και με ρωγμές σχεδόν σε ορθή γωνία προς την προηγούμενη ρωγμή. Όπως σημειώνουν, το μοντέλο θραύσης που προτείνουν θα μπορούσε να αξιοποιηθεί μελλοντικά ώστε να κατασκευαστούν πιο πετυχημένα μοντέλα συναρμολόγησης τοιχογραφίας.

6. Επίλογος - Συμπεράσματα

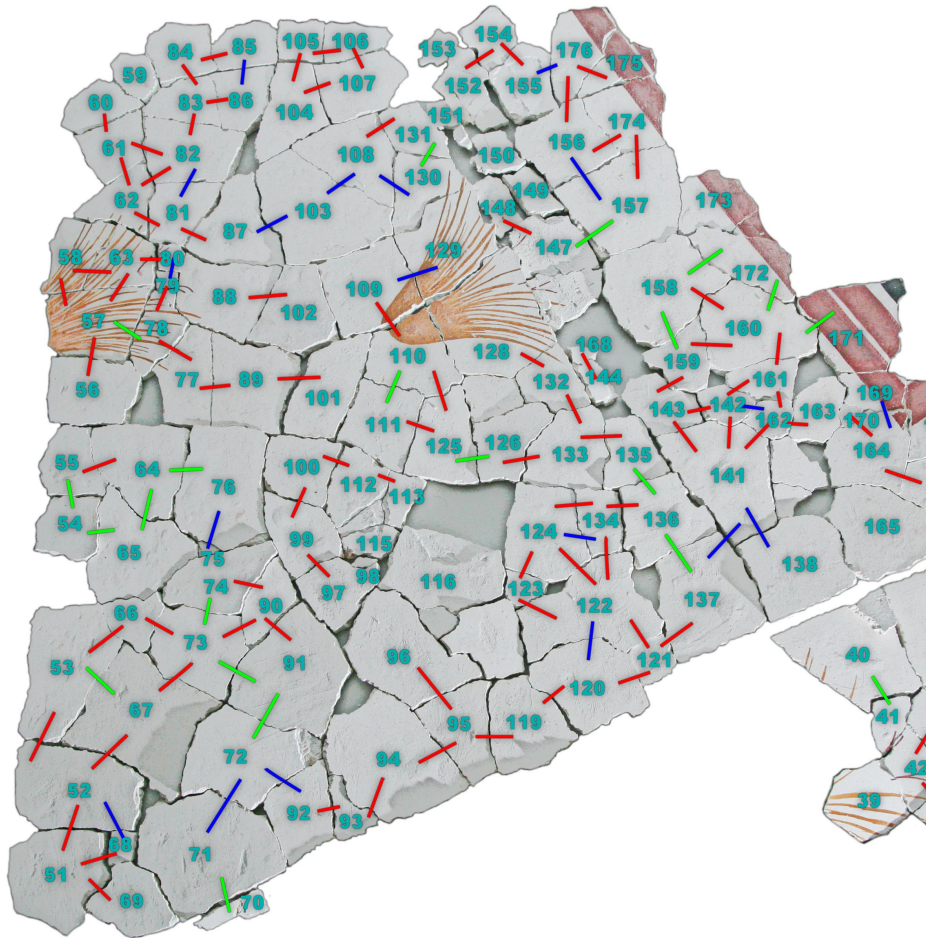
Σε αυτή την εργασία αναφερθήκαμε στην μυκηναϊκή τοιχογραφία μέσα από την παρουσίαση και μελέτη ενός συγκεκριμένου έργου, της “Μυκηναϊάς”, όσο και α-

πό την σκοπιά των τεχνικών μελέτης της τοιχογραφίας, ιδιαίτερα των πιο σύγχρονων. Είδαμε ότι η εικονογραφία της “Μυκηναϊάς” παραπέμπει πιθανότητα σε μέρος λατρευτικής σκηνής, ενώ παράλληλα αποτελεί ένα σημαντικό έργο της εποχής της, χάρη στην εξάισια τεχνική της.

Με τη βοήθεια σύγχρονων υπολογιστικών μεθόδων, μπόρεσε να φωτιστεί περισσότερο ο τρόπος με τον οποίο δούλεψε ο καλλιτέχνης για να δώσει την “Μυκηναϊά”. Όπως αναφέραμε, έχει επιβεβαιωθεί η χρήση στένσιλ κατά την παραγωγή της “Μυκηναϊάς”, αλλά και άλλων κρητομυκηναϊκών έργων. Μάλιστα τα στένσιλ που χρησιμοποιούνται είναι πολλαπλών τύπων, και αντιστοιχούν σε διάφορα γεωμετρικά μοτίβα. Από γεωμετρικής άποψης αυτά τα μοτίβα δεν είναι συχνά καθόλου τετριμμένα, γεγονός που εντυπωσιάζει, δεδομένου και της πρώιμης εποχής στην οποία αναφερόμαστε.

Τελευταία παρουσιάζουμε επίσης μία σημαντική εφαρμογή της σύγχρονης τεχνολογίας στην αρχαιολογία, συγκεκριμένα την συναρμολόγηση και αποκατάσταση της τοιχογραφίας. Οι πολλαπλές δυσκολίες μια συναρμολόγησης με το χέρι, όπως ακανόνιστη γεωμετρία των θραυσμάτων, χαμένα κομμάτια, διάβρωση, κλπ. οδηγούν στην αναζήτηση πιο συστηματοποιημένων, αυτοματοποιημένων λύσεων. Είδαμε ότι έχουν προταθεί όντως λύσεις σε αυτή την κατεύθυνση, ενσωματώνοντας υπολογιστικές μεθόδους. Τα αποτελέσματα είναι βέβαια σημαντικά και αρκετά ελπιδοφόρα και ο ρόλος των αντίστοιχων υπολογιστικών μοντέλων έχει αποδειχθεί χρήσιμος επικουρικά στην δουλειά του συντηρητή, αφού έχουν αναδειχθεί αρκετά καινούρια “ταιριάσματα” τοιχογραφικών θραυσμάτων σε πλαίσιο πραγματικών δεδομένων. Από την άλλη πλευρά, παρά αυτές τις επιτυχίες είναι γεγονός ότι απέχουμε αρκετά ακόμα από ένα 100% αυτοματοποιημένο σύστημα συναρμολόγησης. Η μελλοντική έρευνα θα δείξει κατά πόσο γρήγορα θα μπορέσουν να υπερκεραστούν οι σχετικές δυσκολίες και να αναβαθμιστεί ο ρόλος του υπολογιστή από επικουρικό σε κύριο στην διαδικασία της αποκατάστασης της τοιχογραφίας.

- Alajlan, N., 2009. Solving square jigsaw puzzles using dynamic programming and the hungarian procedure. *American Journal of Applied Sciences* 6, 1941–1947.
- Barmpoutis, A., Bozia, E., Wagman, R., 2010. A novel framework for efficient 3D reconstruction and analysis of ancient inscriptions. *Journal of Machine Vision and Applications* 21, 989–998.
- Birtacha, K., Zacharioudakis, M., 2000. Stereotypes in Thera wall paintings: Models and Patterns in the procedure of painting, στο: *Proceedings of the First International Symposium on Wall Paintings of Thera*, σ. 159–172.
- Brown, B., Toler-Franklin, C., Nehab, D., Burns, M., Dobkin, D., Vlachopoulos, A., Doumas, C., Rusinkiewicz, S., Weyrich, T., 2008. A system for high-volume acquisition and matching of



Σχήμα 13: Αποκατεστημένη τεχνητή τοιχογραφία (Brown et al., 2008).

- fresco fragments: reassembling theran wall paintings, στο: ACM SIGGRAPH 2008 papers, ACM, New York, NY, USA. σ. 84:1–84:9.
- Burdea, B., Wolfson, H., 1989. Solving jigsaw puzzles by a robot. IEEE Transactions on Robotics and Automation 5, 752–764.
- Cho, T., Avidan, S., Freeman, W., 2010. A probabilistic image jigsaw puzzle solver, στο: Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), σ. 183–190.
- Chung, M., Fleck, M., Forsyth, D., 1998. Jigsaw puzzle solver using shape and color, στο: Proceedings of the International Conference on Signal Processing (ICSP), σ. 877–880.
- Evely, D. (Ed.), 1999. Τοιχογραφία. Ένα διαβατήριο για το παρελθόν. Η Μινωική Κρήτη με τα μάτια του Mark Cameron/Fresco. A passport into the past. Minoan Crete through the eyes of Mark Cameron. British School of Athens, Athens.
- Filippakis, S., 1978. Analysis from Thera. Thera and the Aegean world I, 599–604.
- Filippakis, S., Perdikatsis, B., Paradellis, T., 1976. An analysis of blue pigments from the Greek bronze age. Studies in Conservation 21, 143–146.
- Freeman, H., Gardner, L., 1964. Apictorial jigsaw puzzles: The computer solution of a problem in pattern recognition. IEEE Transactions on Electronic Computers EC-13, 118–127.
- Funkhouser, T., Shin, H., Toler-Franklin, C., Castañeda, A., Brown, B., Dobkin, D., Rusinkiewicz, S., Weyrich, T., 2011. Learning how to match fresco fragments. Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH) 4, 7.
- Gallagher, A., 2012. Jigsaw puzzles with pieces of unknown orientation, στο: Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR).
- García-Castañeda, A., Brown, B., Rusinkiewicz, S., Funkhouser, T., Weyrich, T., 2011. Global consistency in the automatic assembly of fragmented artefacts .
- Goldberg, D., Malon, C., Bern, M., 2002. A global approach to automatic solution of jigsaw puzzles, στο: Proceedings of the eighteenth annual symposium on Computational geometry, ACM, New York, NY, USA. σ. 82–87.
- Hood, S., 1994. The Arts in Prehistoric Greece. Pelican History Art, Penguin Books.
- Hori, K., Imai, M., Ogasawara, T., 1999. Joint detection for potsherds of broken earthenware, στο: Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). in.gr, 2006. "Οι μαθηματικοί της Θήρας «αιώνες μπροστά από την εποχή τους»", 01.03.2006. <http://www.in.gr/news/article.asp?lngEntityID=688270>.
- Kosiba, D., Devaux, P., Balasubramanian, S., Gandhi, T., Kasturi, K., 1994. An automatic jigsaw puzzle solver, στο: Proceedings of the IEEE International Conference on Pattern Recognition, σ. 616–618.
- Lang, M., 1969. The palace of Nestor at Pylos in western Messenia: Vol II, The Frescoes. Princeton.
- Marinatos, S., Hirmer, M., 1973. Kreta, Thera und das mykenische Hellas.
- McBride, J., Kimia, B., 2003. Archaeological fragment reconstruction

- using curve-matching, στο: Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop (CVPRW), σ. 3.
- Nielsen, T., Drewsen, P., Hansen, K., 2008. Solving jigsaw puzzles using image features. *Pattern Recognition Letters* 29, 1924–1933.
- Papandreou, G., 2009. Image Analysis and Computer Vision: Theory and Applications in the Restoration of Ancient Wall Paintings. *Διδακτορική διατριβή*. NTUA, School of ECE. In Greek.
- Papaodysseus, C., Fragoulis, D., Panagopoulos, M., Panagopoulos, T., Rousopoulos, P., Exarhos, M., Skembris, A., 2006a. Determination of the method of construction of 1650 b.c. wall paintings. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 28, 1361–1371.
- Papaodysseus, C., Panagopoulos, T., Exarhos, M., Fragoulis, D., Roussopoulos, G., Rousopoulos, P., Galanopoulos, G., Triantafyllou, C., Vlachopoulos, A., Doulas, C., 2006b. Distinct, late bronze age (c. 1650bc) wall-paintings from Akrotiri, Thera, comprising advanced geometrical patterns. *Archaeometry* 48, 97–114.
- Papaodysseus, C., Panagopoulos, T., Exarhos, M., Triantafyllou, C., Fragoulis, D., Doulas, C., 2002. Contour-shape based reconstruction of fragmented, 1600 bc wall paintings. *IEEE Transactions on Signal Processing* 50, 1277–1288.
- Papaodysseus, C., Rousopoulos, P., Arabadjis, D., Panopoulou, F., Panagopoulos, M., 2010. Handwriting automatic classification: Application to ancient Greek inscriptions, στο: International Conference on Autonomous and Intelligent Systems (AIS), σ. 1–6.
- Pomeranz, D., Shemesh, M., Ben-Shahar, O., 2011. A fully automated greedy square jigsaw puzzle solver, στο: Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), σ. 9–16.
- Rodenwaldt, G., 1911. Fragmente mykenischer wandgemälde. *Mitteilungen des deutschen archaologischen Instituts, Athenische Abteilung* XXXVI, 211 κ.εξ.
- Rodenwaldt, G., 1921. Der Fries des Megarons von Mykenai.
- Rousopoulos, P., Arabadjis, D., Panagopoulos, M., Papaodysseus, C., Papazoglou, E., 2009. Determination of the method of drawing of prehistoric wall-paintings via original methods of pattern recognition and image analysis, στο: Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing, σ. 65–68.
- Sagiroğlu, M., Erçil, A., 2005. A texture based approach to reconstruction of archaeological finds, στο: Proceedings of the International Symposium on Virtual Reality, Archaeology, and Cultural Heritage (VAST).
- Sagiroğlu, M., Erçil, A., 2006. A texture based matching approach for automated assembly of puzzles, στο: Proceedings of the IEEE International Conference on Pattern Recognition, σ. 1036–1041.
- Schachermeyr, F., 1976. *Die ägäische Frühzeit, vol.2: Die Mykenische Zeit und die Gesittung von Thera*.
- Scopigno, R., Callieri, M., Cignoni, P., Corsini, M., Dellepiane, M., Ponchio, F., Ranzuglia, G., 2011. 3D models for Cultural Heritage: Beyond plain visualization. *Computer* 44, 48–55.
- Shin, H., Doulas, C., Funkhouser, T., Rusinkiewicz, S., Steglitz, K., Vlachopoulos, A., Weyrich, T., 2010. Analyzing fracture patterns in theran wall paintings, στο: Proceedings of the International Symposium on Virtual Reality, Archaeology, and Cultural Heritage (VAST).
- Shin, H., Doulas, C., Funkhouser, T., Rusinkiewicz, S., Steglitz, K., Vlachopoulos, A., Weyrich, T., 2011. Analyzing and simulating fracture patterns of Thera wall paintings. *Journal of Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, 13.
- Taylor, W., 1969. *Mycenae 1968*. *Antiquity* XLIII.
- Toler-Franklin, C., Brown, B., Weyrich, T., Funkhouser, T., Rusinkiewicz, S., 2010. Multi-feature matching of fresco fragments. *ACM Transactions on Graphics (TOG)* 29, 185.
- Willis, A., Cooper, D., 2008. Computational reconstruction of ancient artifacts. *Signal Processing Magazine, IEEE* 25, 65–83.
- Wolfson, H., Schonberg, E., Kalvin, A., Lamdan, Y., 1988. Solving jigsaw puzzles by computer. *Annals of Operations Research* 12, 51–64.
- Yang, X., Adluru, N., Latecki, L., 2011. Particle filter with state permutations for solving image jigsaw puzzles, στο: Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), σ. 2873–2880.
- Κριτσέλη-Προβίδη, Ι., 1982. *Τοιχογραφίες του θρησκευτικού κέντρου των Μυκηνών*. ιδιωτική έκδοση, Αθήνα.
- Μαρινάτος, Π., 1968-1976. *Ανασκαφή Θήρας I-VII*. Αθήνα.
- Μυλωνάς, Π., 1972. *Το Θρησκευτικόν Κέντρον των Μυκηνών*. *Πραγματεία της Ακαδημίας Αθηνών* 33.
- Τσούντας, Χ., 1886. *Ανασκαφαί Μυκηνών του 1886*. *Πρακτικά της εν Αθήναις Αρχαιολογικής Εταιρείας* 78.