

ΜΗ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΧΑΡΤΙΝΩΝ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΔΑΤΟΓΡΑΦΙΑΣ

Α.Π. Μουτσάτσου^{1*}, Α.Β. Τερλιξή¹, Ε. Κούκιος²

¹Εθνική Πινακοθήκη – Μουσείο Αλεξάνδρου Σούτζου, Αθήνα, Ελλάδα

²Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα, Ελλάδα

(*annamoutsatsou@nationalgallery.gr)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός του εν λόγω ερευνητικού κύκλου ήταν η διαμόρφωση μιας αξιόπιστης και εύχρηστης μεθοδολογίας χαρακτηρισμού και μη επεμβατικού ελέγχου αυθεντικότητας έργων υδατογραφίας βάσει του χάρτινου υποστρώματος, με εφαρμογή σε έργα υδατογραφίας ελλήνων ζωγράφων του τέλους του 19ου και των αρχών του 20ου αιώνα. Στο πλαίσιο του πειραματικού μέρους, εκτός από τα υποστρώματα αυθεντικών έργων υδατογραφίας που εξετάσθηκαν, περιγράφεται και η κατασκευή μίας πλήρους, πρωτότυπης σειράς δειγμάτων αναφοράς σύμφωνα με συνταγές που αναφέρουν οι πλαστογράφοι έργων τέχνης και συναντούν συχνά κατά την έρευνά τους οι επαγγελματίες των μουσείων. Η μη επεμβατική Οπτική Μικροσκοπία Ορατού και η Μικροσκοπία Φθορισμού πρέπει να αποτελούν το βασικό κομμάτι της μεθοδολογίας. Το επιμέρους πρωτόκολλο μικροσκοπικής παρατήρησης, με έμφαση στην εξαγωγή χρωματικών δεδομένων από τις εικόνες μικροσκοπίας και τη στατιστική επεξεργασία, αποδεικνύεται ικανό και επαρκές να διαφοροποιήσει γηρασμένα και αγήραστα χάρτινα υποστρώματα υδατογραφίας, ακόμα και αν τα τελευταία έχουν υποστεί κάποια κατεργασία «πλαστογράφησης» εκτός από τεχνητή γήρανση. Περαιτέρω, καθοριστικής σημασίας αποδεικνύονται τα δεδομένα που μπορεί να συνεισφέρει η Φασματοσκοπία ATR, καθώς μπορούν σε πολλές περιπτώσεις να πετύχουν διαφοροποίηση μεταξύ φυσικά γηρασμένων και τεχνητά γηρασμένων χάρτινων υποστρωμάτων.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αντίθεση με το χαρτί γραφής και εκτύπωσης, για τα οποία το ζητούμενο ήταν πάντα η μεγάλη παραγωγή και όχι απαραίτητα η ποιότητα, το χαρτί υδατογραφίας ήταν σε όλη την πορεία της ιστορίας ένα κατά κανόνα υψηλής ποιότητας και καθαρότητας *καλλιτεχνικό χαρτί*^[1]. Ταυτόχρονα, οι πλαστογράφοι έργων τέχνης έχουν χρησιμοποιήσει ιστορικά διάφορους τρόπους να μιμηθούν την εμφάνιση και την κατάσταση διατήρησης παλαιών αυθεντικών χάρτινων υποστρωμάτων έργων τέχνης. Μάλιστα, πολύ ενδιαφέρουσες πληροφορίες αντλούνται από το εγχειρίδιο για πλαστογράφους ενός από τους μεγαλύτερους πλαστογράφους ιστορικά, του Eric Hebborn^[2].

Ο έλεγχος αυθεντικότητας έργων ζωγραφικής σε χαρτί, όπως οι υδατογραφίες, δεν καλύπτεται επαρκώς από τη σχετική βιβλιογραφία^[πχ.3]. Περαιτέρω, κατά τη συνήθη μουσειακή πρακτική, αυτού του είδους οι έρευνες βασίζονται συνήθως σε στυλιστικά κριτήρια από τους ιστορικούς τέχνης. Όταν διεξάγεται φυσικοχημική ανάλυση στα αντικείμενα, το πειραματικό πρωτόκολλο βασίζεται κυρίως στην ταυτοποίηση χρωστικών με κύριο στόχο τον εντοπισμό αναχρονισμών^[3]. Ένα ολοκληρωμένο πρωτόκολλο για τον μη επεμβατικό χαρακτηρισμό και έλεγχο αυθεντικότητας έργων υδατογραφίας βάσει της ανάλυσης του χάρτινου υποστρώματος θα μπορούσε να δώσει μία τελείως νέα προοπτική στο ζήτημα.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Δύο τύποι σύγχρονων χαρτιών υδατογραφίας υψηλής ποιότητας (ARCHES (AR) & COTMAN (COT) watercolour paper), τα οποία είναι εμπορικά διαθέσιμα εδώ και πολλές δεκαετίες, ακόμα και κατά τον 19^ο αιώνα, υπέστησαν διαφορετικές κατεργασίες ώστε να μιμηθούν υποστρώματα παλαιών αυθεντικών έργων υδατογραφίας σύμφωνα με συνταγές πλαστογράφησης^[2]. Περαιτέρω, άλλα δείγματα υποβλήθηκαν σε τεχνητή γήρανση με δύο διαφορετικά πρωτόκολλα.

Τα αποτελέσματα των μη επεμβατικών μεθόδων διάγνωσης και τεκμηρίωσης που εφαρμόστηκαν στα δείγματα αναφοράς συγκρίθηκαν με αυτά που προέκυψαν από τα αυθεντικά χάρτινα υποστρώματα, όπως φαίνονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1. Συνομογραφίες των χάρτινων υποστρωμάτων που εξετάστηκαν.

Συνομογραφία	Κατεργασία
ARTEA, COTTEA	Χρώση με τσάι
ARC, COTC	Χρώση με καφέ
ARLYK, COTLYK	Χρώση με λυκίσκο
ARL, COTL	Χρώση με γλυκόριζα
ARCH, COTCH	Χρώση με ραδίκια
ARM, COTM	Χρώση με υπερμαγγανικό κάλιο
ARW, COTW	Χρώση με υδατόχρωμα
ARF, COTF	Κάπνισμα
ARIR, COTIR	Σιδέρωμα
ARB, COTB	Διαβροχή με βραστό νερό
ARS, COTS	Εμβάπτιση σε θειικό οξύ
ARO, COTO	Χωρίς κατεργασία
AR14, 27, 45, 52, 29, COT14, 27, 45, 52, 29	Ξηρή θέρμανση στο 105°C για τις αντίστοιχες ημέρες, σύμφωνα με συνταγή πλαστογράφησης ^[2]
AR1, 2, 3, 4, 5, 6, COT1, 2, 3, 4, 5, 6	Γήρανση στους 90°C, 77%RH για τις αντίστοιχες ημέρες - πρωτόκολλο γήρανσης χαρτί υπό αποθήκευση ^[4, 5]
FOKAS	Δείγμα από μπλοκ υδατογραφίας του Οδυσσέα Φωκά, 1880
ORb, ORc	Υδατογραφία του James Burrell Smith, 1891/1879
GIAL1	Υδατογραφία του Άγγελου Γιαλλινά, 1890

Ειδικότερα, στο πλαίσιο ελέγχου του πρωτοκόλλου μικροσκοπικής παρατήρησης, το σκέλος που αφορά στην in-situ Μικροσκοπίας Φθορισμού (βλ. παρακάτω) εφαρμόστηκε, εκτός από τα δείγματα αναφοράς, και σε 8 έργα υδατογραφίας του τέλους του 19ου ή των αρχών του 20ου αιώνα από τη συλλογή της Εθνικής Πινακοθήκης – Μουσείου Αλεξάνδρου Σούτζου (2 έργα του Σ. Λάντσα (1861-1933) - LAN1, LAN2, έργο του V. Lanza (1822-1902) - LAN3, έργο του Ο. Φωκά (1857-1946) - FOKAS2, έργο του Γ. Σούτζου (1814-1869) - SOUTZOS) και 3 έργα του Α. Προσαλέντη (1859-1926) - PROS1, PROS2, PROS3).

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας διερευνήθηκε η συνεισφορά μεθόδων που είναι διαδεδομένες για την μη επεμβατική διάγνωση και τεκμηρίωση των έργων τέχνης γενικά, και είναι συνήθως προσβάσιμες από εργαστήρια μουσείων, όπως απεικονιστικές τεχνικές, χρωματομετρία, Οπτική Μικροσκοπία (VLM), Μικροσκοπία Φθορισμού (FLM), in-situ Μικροσκοπία Φθορισμού και Φασματοσκοπία ATR^[6]. Πιο αναλυτικά:

Η απεικόνιση της ανάκλασης της ορατής ακτινοβολίας (VIS imaging) πραγματοποιήθηκε για λόγους ολοκληρωμένης τεκμηρίωσης των χάρτινων υποστρωμάτων, και δεν μπορεί να θεωρηθεί εργαλείο διάγνωσης αναφορικά με την αυθεντικότητα και την εκτίμηση της ηλικίας χάρτινων υποστρωμάτων υδατογραφίας. Περαιτέρω, οι γενικές λήψεις του έγχρωμου ορατού φθορισμού που προκαλείται από υπεριώδεις πηγές διέγερσης (UVL Imaging) αποδεικνύεται πως θα πρέπει να αποτελούν μέρος του σχετικού ολοκληρωμένου πρωτοκόλλου τεκμηρίωσης και διάγνωσης^[7, 8].

Η χρησιμότητα των παρατηρήσεων αφορά στη διερεύνηση περατωτικών ορίων περιοχών δυσχρωμίας ή τοπικών αλλοιώσεων που πιθανόν θα καταγραφούν, και όχι στην υποκειμενική αντίληψη του γενικού χρώματος του φθορισμού.

Μέτρηση χρώματος π.χ. με Φασματοσκοπία Ανάκλασης Οπτικών Ινών^[9] μπορεί να πραγματοποιηθεί για την αντικειμενική και «ποσοτικοποιημένη» περιγραφή του χρώματος του υπό μελέτη υποστρώματος στην ορατή περιοχή, έτσι ώστε να διευκολυνθεί η σύγκριση μεταξύ

υποστρωμάτων και να μπορούν τα αριθμητικά δεδομένα να αποτελέσουν αντικείμενο χημειομετρικής επεξεργασίας σε επόμενο στάδιο.

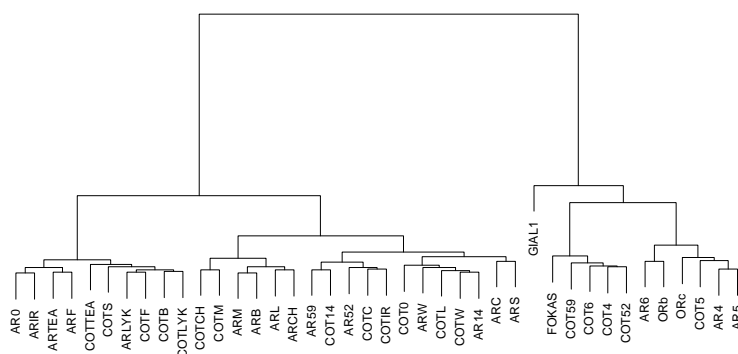
Η Οπτική Μικροσκοπία Ορατού (VLM) και η Μικροσκοπία Φθορισμού (FLM)^[10] εφαρμόστηκαν απευθείας στην επιφάνεια όλων των χάρτινων υποστρωμάτων. Κάθε δείγμα παρατηρήθηκε υπό 4 διαφορετικές συνθήκες φωτισμού (α) transmitted polarized light (TPL), (β) reflected cross analyzed-polarized light (RXP), (γ) reflected dark field (RDF), (δ) UV, και σε μεγεθύνσεις x50, x100, x200. Επίσης, όλα τα δείγματα αναφοράς, καθώς και τα 8 αυθεντικά έργα υδατογραφίας από τη συλλογή της ΕΠΜΑΣ εξετάστηκαν, με μετρητικό μικροσκόπιο USB (Dino-Lite, AM4013T-FV2T, AnMo Electronics, τέσσερις πηγές LED UV φωτισμού 365nm).

Τέλος, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας επιλέχθηκε η φασματοσκοπική εξέταση όλων των χάρτινων υποστρωμάτων να πραγματοποιηθεί με τη χρήση της διάταξης ATR (Jasco 4200, 700–4000 cm⁻¹, smoothing, autobaseline correction, normalization^[11]).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η Οπτική Μικροσκοπία Ορατού αποδεικνύεται πολύ χρήσιμο εργαλείο ως μέρος ενός ολοκληρωμένου πρωτοκόλλου μη επεμβατικού χαρακτηρισμού και ελέγχου αυθεντικότητας χάρτινων υποστρωμάτων υδατογραφίας. Πιο συγκεκριμένα, οι εικόνες RDF x200 αποδεικνύεται πως παρέχουν κατατοπιστικές πληροφορίες αναφορικά με τη μορφολογία, τη σύσταση και το πορώδες του δικτύου των ινών, χωρίς, όμως, να φανερώνουν κάποια αναγνώσιμη διαφοροποίηση μεταξύ αγήραστων και γηρασμένων, φυσικά ή τεχνητά, χάρτινων υποστρωμάτων, όπως άλλωστε και οι εικόνες RXP σε οποιαδήποτε μεγέθυνση. Αντίθετα, οι εικόνες TPL των αγήραστων υποστρωμάτων παρουσιάζουν γκρι απόχρωση και ψυχρούς τόνους που διαφοροποιούνται διακριτά από το θερμό πορτοκαλί-καφέ χρώμα των εικόνων των υποστρωμάτων αυθεντικών έργων υδατογραφίας. Περαιτέρω, τις ίδιες γκρι ψυχρές αποχρώσεις παρουσιάζουν και όλα τα δείγματα αναφοράς που έχουν υποστεί κάποια κατεργασία πλαστογράφησης εκτός από γήρανση. Περαιτέρω, στις εικόνες TPL x100 των δειγμάτων που υπέστησαν τεχνητή γήρανση παρουσία θερμοκρασίας - υγρασίας παρατηρείται μία προοδευτική αλλαγή του χρώματος από γκρι ψυχρούς προς θερμούς πορτοκαλί-καφέ τόνους.

Στο επόμενο στάδιο της ανάλυσης των εικόνων πραγματοποιήθηκε «ποσοτικοποίηση» της χρωματικής πληροφορίας. Πιο συγκεκριμένα, για τις εικόνες TP x100, μέσω του προγράμματος ImageJ^[12] υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές R, G, B. Στη συνέχεια, βάσει των παραμέτρων κατανομής των συντεταγμένων R, G και B, το υπό διερεύνηση υπόστρωμα ταξινομείται στο δενδρόγραμμα ιεραρχικής ομαδοποίησης με τη μέθοδο Ward με ευκλείδεια μέτρηση απόστασης, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1. Δενδρόγραμμα ιεραρχικής ομαδοποίησης των δειγμάτων του πίνακα 1

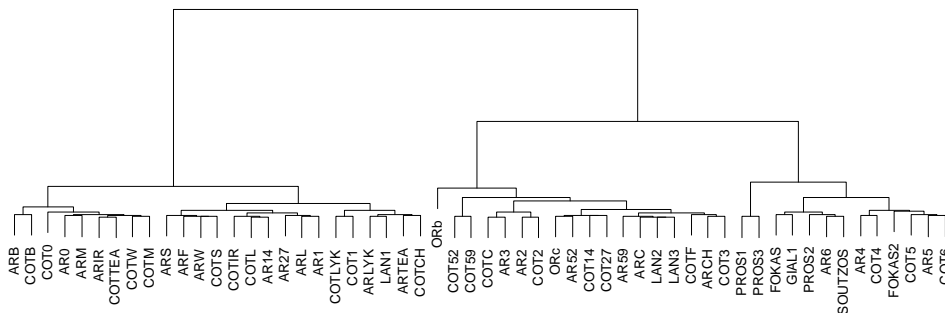
Ο πρώτος κλάδος περιλαμβάνει τα δείγματα αναφοράς χωρίς κατεργασία, αυτά που έχουν υποστεί κάποια κατεργασία πλαστογράφησης εκτός από τεχνητή γήρανση, καθώς και δείγματα αναφοράς που δεν έχουν υποστεί παρατεταμένη τεχνητή γήρανση ώστε να μπορούν να

προσομοιάσουν την κατάσταση διατήρησης χάρτινων υποστρωμάτων του τέλους του 19^{ου} και των αρχών του 20^{ου} αιώνα. Ο δεύτερος κλάδος περιλαμβάνει όλα τα αυθεντικά υποστρώματα που εξετάστηκαν, καθώς και ορισμένα εκτενώς τεχνητά γηρασμένα χάρτινα υποστρώματα.

Αντίστοιχα, οι εικόνες x100UV αποδεικνύονται πως μπορούν να επιτύχουν παρόμοια διαφοροποίηση. Πιο συγκεκριμένα, η διασπορά των τιμών “a” vs “b” των εικόνων μετά την εφαρμογή φίλτρου εξομάλυνσης οδηγεί στον σχηματισμό δύο διακριτών ομάδων, στις οποίες τα αυθεντικά έργα παρουσιάζουν $a < 0$.

Εάν, λοιπόν, ένα υπό διερεύνηση υπόστρωμα ταξινομηθεί στον πρώτο κλάδο του δενδρογράμματος βάσει της εικόνας x100TP και ταυτόχρονα για την εικόνα x100UV ισχύει $a > 0$, τότε υπάρχουν σαφείς ενδείξεις ότι η εικόνα φθοράς που παρουσιάζει το υπόστρωμα στις εικόνες μικροσκοπίας δεν συνάδει με την υποτιθέμενη ηλικία του έργου. Εάν το υπόστρωμα ταξινομηθεί στον δεύτερο κλάδο του δενδρογράμματος, ενώ ταυτόχρονα για την εικόνα x100UV ισχύει $a < 0$, τότε οι εικόνες μικροσκοπίας τεκμηριώνουν τη γήρανση του υποστρώματος. Στην περίπτωση αυτή το υπόστρωμα ενδείκνυται να υποβληθεί σε περαιτέρω διερεύνηση βάσει του συνολικού πρωτοκόλλου μη επεμβατικού ελέγχου αυθεντικότητας, πχ. με Φασματοσκοπία ATR για περισσότερες ενδείξεις σχετικά με τους μηχανισμούς γήρανσης.

Αναφορικά, με την in-situ Μικροσκοπία Φθορισμού, στην περίπτωση που τα υπό εξέταση έργα υδατογραφίας δεν μπορούν να μεταφερθούν στο εργαστήριο, αποδεικνύεται πως στις εικόνες που καταγράφονται με το USB μικροσκόπιο φθορισμού, μετά τη χρήση φίλτρου εξομάλυνσης, μπορεί και πάλι να δημιουργηθεί το δενδρόγραμμα ιεραρχικής ομαδοποίησης, αυτή τη φορά, βάσει όλων των χρωματικών συντεταγμένων των εικόνων (HSB, RGB, Lab και CMYK), σύμφωνα με το πρωτόκολλο που έχει ήδη περιγραφεί. Το νέο δενδρόγραμμα που προκύπτει εικονίζεται στο σχήμα 2.



Σχήμα 2. Δενδρόγραμμα ιεραρχικής ομαδοποίησης των δειγμάτων αναφοράς και των χάρτινων υποστρωμάτων 12 έργων υδατογραφίας

Στο παραπάνω δενδρόγραμμα διαπιστώνεται πως, με εξαίρεση το υπόστρωμα LAN1, τα χάρτινα υποστρώματα των έργων που διερευνήθηκαν ταξινομούνται στον δεύτερο κεντρικό κλάδο του δενδρογράμματος, σε συμφωνία με το συμπέρασμα που έχει ήδη αναφερθεί σχετικά με το πρωτόκολλο μικροσκοπικής παρατήρησης. Περαιτέρω, ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός πως τα υποστρώματα και των τριών έργων του Α.Προσαλέντη και των έργων των Ο.Φωκά, Α.Γιαλλινά και Γ.Σούτζου ταξινομούνται στον ίδιο δευτερεύοντα κλάδο του δενδρογράμματος. Δεδομένης, μάλιστα, της αυθεντικότητας των έργων της συλλογής της ΕΠΜΑΣ που εξετάστηκαν στην περίπτωση εφαρμογής του πρωτοκόλλου της in-situ Μικροσκοπίας Φθορισμού, το δενδρόγραμμα που προκύπτει αποτελεί νέο δεδομένο αναφοράς για την ταξινόμηση ενός υπό διερεύνηση έργου υδατογραφίας.

Προχωρώντας στο επόμενο στάδιο του πρωτοκόλλου, αναφορικά με τη Φασματοσκοπία ATR, από το φάσμα υπερύθρου ενός υπό διερεύνηση «άγνωστου» χάρτινου υποστρώματος έργου υδατογραφίας, μπορεί κατ' αρχήν να επιτευχθεί ταυτοποίηση των υλικών κατασκευής. Τα υλικά

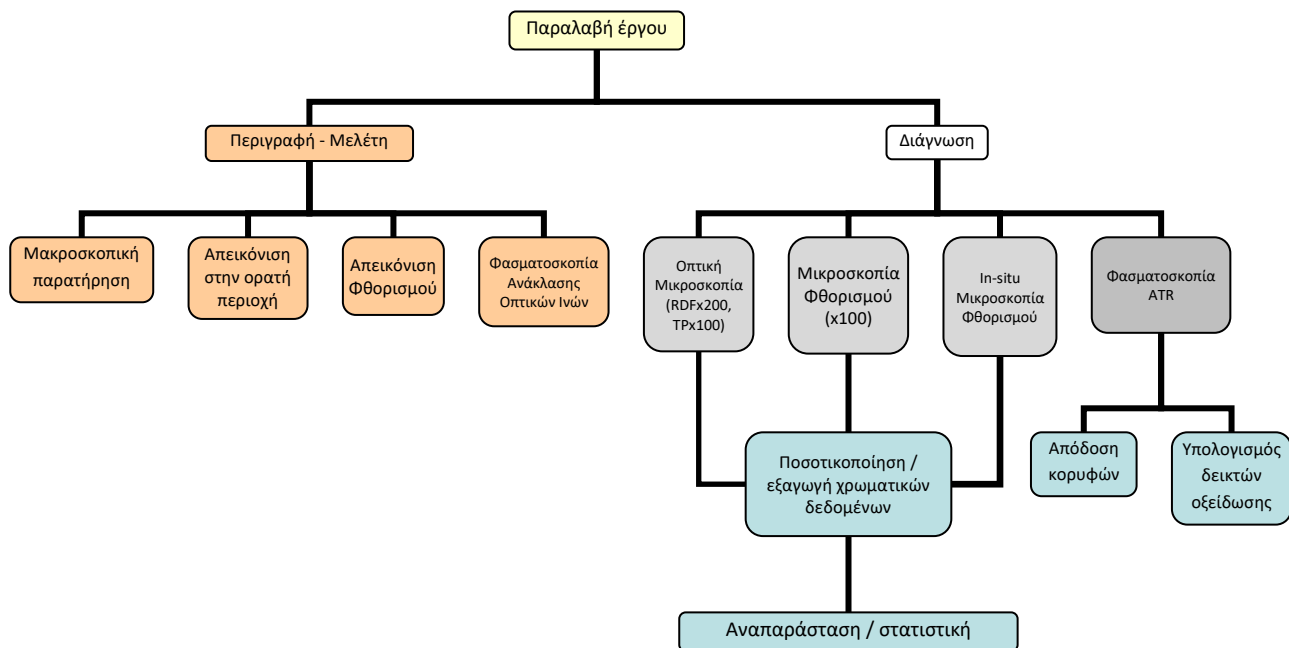
που θα ανιχνευθούν θα πρέπει να συμφωνούν με τα βιβλιογραφικά δεδομένα που αναφέρονται στον χρόνο και στο χώρο, ή ακόμα και στον καλλιτέχνη εάν υπάρχουν διαθέσιμα, που «υποθετικά» αποδίδεται το έργο. Περαιτέρω, μπορεί να διερευνηθεί εάν στο φάσμα υπερύθρου ανιχνεύονται υλικά κάποιας κατεργασίας πλαστογράφησης.

Ταυτόχρονα, απαραίτητη κρίνεται η διερεύνηση της κορυφής στη θέση 1640 cm^{-1} , δεδομένου ότι η απουσία της κορυφής αυτής θα μπορούσε να φανερώνει γήρανση του χάρτινου υποστρώματος σε ακραίες συνθήκες, πχ. σε θερμοκρασία $>100^\circ\text{C}$, δηλαδή σε συνθήκες τεχνητής και όχι φυσικής γήρανσης, με αποβολή των μορίων δεσμευμένου νερού.

Στο επόμενο στάδιο, απαραίτητη είναι η μελέτη ειδικότερα της περιοχής κυματαριθμών $1900\text{-}1400\text{ cm}^{-1}$. Ειδικότερα, όμως, εξαιρετικά χρήσιμο «εργαλείο» αποδεικνύεται ο υπολογισμός των δεικτών οξειδωσης βάσει του λόγου I_{1730}/I_{1620} ^[13]. Διαπιστώνεται πως οι δείκτες οξειδωσης μπορούν να διαφοροποιήσουν τα φυσικά γηρασμένα από τα τεχνητά γηρασμένα χάρτινα υποστρώματα που έχουν υποστεί ξηρή θέρμανση σε θερμοκρασία $>100^\circ\text{C}$, ενώ μπορούν να διαφοροποιήσουν τα φυσικά γηρασμένα από ορισμένα χάρτινα υποστρώματα που έχουν υποστεί τεχνητή γήρανση υπό την επίδραση θερμοκρασίας – υγρασίας. Πιο συγκεκριμένα, υψηλοί δείκτες οξειδωσης (πχ. $>>1$) μπορούν να υποδεικνύουν συνθήκες τεχνητής γήρανσης, στους οποίους κυριαρχεί η οξείδωση ως βασικός μηχανισμός φθοράς, ενώ χάρτινα υποστρώματα έργων υδατογραφίας του τέλους του 19ου και των αρχών του 20ου αιώνα, τα οποία φυλάσσονται σε κανονικές συνθήκες αποθήκευσης απουσία φωτός, δεν αναμένεται να παρουσιάζουν γενικά υψηλές τιμές (πχ. δείκτης οξειδωσης <1).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στον παρόντα ερευνητικό κύκλο διαμορφώθηκε μία αξιόπιστη και εύχρηστη μεθοδολογία χαρακτηρισμού χάρτινων υποστρωμάτων, και ειδικότερα μη επεμβατικού ελέγχου αυθεντικότητας έργων υδατογραφίας βάσει του χάρτινου υποστρώματος. Το σχετικό πρωτόκολλο, όπως προέκυψε βάσει των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας, απεικονίζεται στο διάγραμμα ροής εργασιών του σχήματος 3.



Σχήμα 3. Ολοκληρωμένη μεθοδολογία μη επεμβατικού χαρακτηρισμού και ελέγχου αυθεντικότητας έργων υδατογραφίας βάσει του χάρτινου υποστρώματος

Το ολοκληρωμένο πρωτόκολλο αποδεικνύεται ικανό και επαρκές να διαφοροποιήσει γηρασμένα και αγήραστα χάρτινα υποστρώματα υδατογραφίας, ακόμα και αν τα τελευταία έχουν υποστεί κάποια κατεργασία «πλαστογράφησης» εκτός από τεχνητή γήρανση. Επιπλέον, αποδεικνύεται πως μπορεί να διαφοροποιήσει υποστρώματα αυθεντικών έργων υδατογραφίας του τέλους του 19ου και των αρχών του 20ου αιώνα και χάρτινων υποστρωμάτων που δεν έχουν υποστεί παρατεταμένη τεχνητή γήρανση σε οποιοδήποτε περιβάλλον. Ειδικότερα, τα δενδρογράμματα ιεραρχικής ομαδοποίησης που προκύπτουν από τη στατιστική επεξεργασία των χρωματικών δεδομένων των εικόνων μικροσκοπίας, μπορούν με τη σειρά τους να αποτελέσουν δεδομένα αναφοράς για την ταξινόμηση ενός «άγνωστου» χάρτινου υποστρώματος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οι συγγραφείς θα ήθελαν να ευχαριστήσουν την καθηγήτρια του Τμήματος Συντήρησης Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης, ΠΔΑ, Δρ. Α. Αλεξοπούλου, την Π. Μπάνου για τη διάθεση των δύο έργων του J.B.Smith και τον Αηηνο Hein, ερευνητή στο Ινστιτούτο Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας στο ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος, για τη βοήθειά του στη στατική επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] S. Turner. The Book of fine paper, Thames and Hudson (1998) 43, 201-203, 162-163.
- [2] E. Hebborn. The art forger's handbook, Cassell (1998) 18, 36-37, 49, 52.
- [3] D.A. Scott. Stud. Conserv. 60 (2015) 291-305.
- [4] S. Zervos, A. Moropoulou. Cellul 12 (2005) 485-496.
- [5] P. Banou, A. Alexopoulou, C. Chranioti, D. Tsimogiannis, A. V. Terlix, S. Zervos, B. W. Singer. J. Cult. Heritage 20 (2016) 589-598.
- [6] E. Kouloumpi, A.P. Moutsatsou, A.V. Terlix. Analytical achemometry, RSC (2012) 361-398.
- [7] A. Kaminari, R. Kanakari, P. Rompak, A.P. Moutsatsou, A. Alexopoulou. 5th International Conference on NDT of the Hellenic Society of Non-Destructive Testing, Athens (2013) CD-ROM.
- [8] A. Kaminari, A.P. Moutsatsou, A. Alexopoulou, P. Banou. Art 2014-11th International Conference on Non-Destructive Investigations and Microanalysis for the Diagnostics and Conservation of Cultural and Environmental Heritage, Madrid (2014) CD-ROM.
- [9] A. Kaminari, I. Sianoudis, A. Alexopoulou. 8ο Εθνικό Συνέδριο ΜΚΕ της Ελληνικής Εταιρείας Μη Καταστροφικών Ελέγχων (2015) CD-ROM.
- [10] A.P. Moutsatsou, A.V. Terlix, A. Alexopoulou, E.G. Koukios, Cell. Chem. Technol. 50 (2017) 486-495.
- [11] T. Trafela, M. Strlič, J. Kolar, D.A. Lichtblau, M. Anders, D.P. Mencigar, B. Pihlar. Anal. Chem. 79 (2007) 6319-6323.
- [12] <<https://imagej.nih.gov/ij/download.html>>
- [13] J. Łojewska, P. Miśkowiec, T. Łojewski, L.M. Proniewicz. Polym. Degrad. Stabil. 88 (2005) 512-520.