

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΧΑΝΙΩΝ**



ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**Τομέας: Ανανεώσιμων Ενεργειακών Πόρων
Εργαστήριο: Σχεδιομελέτης & Κατεργασιών**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“ Απεικονιστική τεχνική μετασχηματισμού ανάκλασης εικόνας – RTI (Reflectance Transformation Imaging)”

Δελαπόρτα Αικατερίνη (Α.Μ 888)

Επιβλέπων καθηγητής

Αναπληρωτής Καθηγητής Μαραβελάκης Εμμανουήλ

ΧΑΝΙΑ 2016

Περίληψη

Βασική μεθοδολογία RTI: Η απεικονιστική τεχνική μετασχηματισμού ανάκλασης (*Reflectance Transformation Imaging -RTI*) είναι μια μη καταστρεπτική, προσιτή και εύκολη τεχνική, που καλύπτει το κενό μεταξύ τρισδιάστατης απεικόνισης και φωτογραφίας. Αφετηρία για την εξέλιξη του RTI αποτέλεσε η τεχνική πολυωνυμικής χαρτογράφησης (*Polynomial Texture Mapping- PTM*) που εφευρέθηκε το 2001 από τον Tom Malzbender, ερευνητή της Hewlett-Packard. Έκτοτε, έχουν παρουσιαστεί πολλές ενδιαφέρουσες εφαρμογές σε διεθνές και εθνικό επίπεδο. Στην Ελλάδα εφαρμογές έχουν γίνει στην Αμφίπολη, στη Θεσσαλονίκη, στην Αττική, στη Θήρα, στην Πελοπόννησο και στην Κρήτη.

Τα στάδια της μεθόδου είναι η συλλογή και επεξεργασία δεδομένων και η προβολή του περιεχομένου των αρχείων. Από την συλλογή δεδομένων προκύπτει μια σειρά φωτογραφιών ενός στατικού αντικειμένου με εφαπτομενικά προσπίπτουσα ακτινοβολία. Στη συνέχεια, για την επεξεργασία των δεδομένων το πιο διαδεδομένο λογισμικό είναι το RTI builder, ένα ελεύθερο λογισμικό με φιλικό για το χρήστη περιβάλλον εργασίας.

Έχουν προταθεί δυο βασικές παραλλαγές της μεθόδου, η μέθοδος της θόλου (dome method) και του τονισμού (Highlight), καθώς και μια ενδιάμεση μεθοδολογία, η οποία χρησιμοποιεί δακτυλίους ή βραχίονες για την κίνηση της φωτιστικής πηγής.

Η μέθοδος της θόλου περιλαμβάνει τη χρήση μιας ειδικής συσκευής- θόλου, ώστε τα απαραίτητα δεδομένα για την κατεύθυνση και την γωνία πρόσπτωσης του φωτός σε κάθε μία από τις φωτογραφίες εφαπτομενικού φωτισμού να είναι γνωστά. Η μέθοδος παρέχει αυτοματοποίηση, μειώνει τον χρόνο για τη λήψη και επεξεργασία των δεδομένων, και οδηγεί σε ακριβή αποτελέσματα. Το μόνο μειονέκτημά της είναι ότι οι διαστάσεις της συσκευής περιορίζουν σημαντικά την δυνατότητα εφαρμογής της τεχνικής σε ευρήματα μεγαλύτερων ή μικρότερων διαστάσεων.

Στη μέθοδο του τονισμού τα δεδομένα υπολογίζονται εξ' ολοκλήρου από το πρόγραμμα, βάσει των αντανάκλασεων της φωτιστικής πηγής στην στυλπνή σφαίρα, συνεπώς η λήψη και η επεξεργασία τους είναι πιο χρονοβόρα και απαιτεί ακρίβεια. Μπορεί όμως να εφαρμοστεί ανεξάρτητα από το μέγεθος των αντικειμένων χωρίς καμία ειδική συνδεσμολογία. Για μια απλή εφαρμογή ο απαραίτητος

εξοπλισμός περιλαμβάνει μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή, ένα τρίποδο, μια φωτιστική πηγή και τουλάχιστον δυο στιλπνές σφαίρες.

Η εφαρμογή του RTI σε πλήθος και ποικιλία ευρημάτων από τους τάφους του Δερβενίου δίνει τη δυνατότητα μιας γενικής επισκόπησης της συμβολής της τεχνικής στην μελέτη αρχαιολογικών αντικειμένων. Πιο συγκεκριμένα το RTI:

1. είναι μια προηγμένη, αποτελεσματική και προσιτή μέθοδος καταγραφής
2. καλύπτει τις ανάγκες επικοινωνίας, διάδοσης και παρουσίασης, καθώς τα ψηφιακά αρχεία που δημιουργούνται μπορούν να δημοσιευθούν μέσω διαδικτύου
3. βοηθά στη διερεύνηση της βιογραφίας των αντικειμένων, επιτρέπει δηλαδή την εξέταση των τεχνικών κατασκευής, της χρήσης, της κατάστασης διατήρησης και των προηγούμενων επεμβάσεων συντήρησης
4. συμβάλλει σημαντικά στην προληπτική συντήρηση, εφόσον ελέγχονται οι περιβαλλοντικές συνθήκες, ενώ περιορίζεται η επαφή με τα ευρήματα, η οποία αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες φθοράς. Άλλωστε, και διεθνώς υπάρχει η τάση για περιορισμό της φυσικής επαφής με τα αντικείμενα.

2. ABSTRACT

The tools and standards of best practice adopted by natural science (NS) and cultural heritage (CH) professionals will determine the digital future of NS and CH digital imaging work. This thesis discusses emerging digital technologies and explores issues influencing widespread adoption of digital practices for NS and CH. The thesis explores a possible digital future for NS and CH through key concepts; adoption of digital surrogates, empirical (scientific) provenance etc. The thesis discusses multiple image based technologies along with current research including; Reflectance Transformation Imaging (RTI). These technology permit generation of digital surrogates that can serve as trusted representations of ‘real world’ content. The thesis explores how empirical provenance contributes to the reliability of digital surrogates, and how perpetual digital conservation can ensure that digital surrogates will be archived and available for future generations. The thesis investigates the role of semantically based knowledge management strategies and their use in simplifying ease of use by natural science and CH professionals as well as long term preservation activities.

Key- words: Reflectance transformation imaging (RTI), polynomial texture mapping(PTM), empirical provenance, photometric stereo, stereo correspondence, photogrammetry, structured light, digital preservation, archiving, cultural heritage(CH),natural science (NS)

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Φυσικές Επιστήμες(NS), Πολιτιστική Κληρονομιά(CH) και Ψηφιακή Γνώση	5
1.1 Τέχνη, Οπτικοποίηση, και ψηφιακά υποκατάστατα.....	5
1.2 Εμπειρική προέλευση.....	6
1.3Διαρκής Ψηφιακή Διατήρηση	7
1.4 Εκδημοκρατισμός της Τεχνολογίας.....	8
1.5 Ο ρόλος του RTI (Reflectance Transformation Imaging) στην έρευνα για την διαχείριση της γνώσης	9
Κεφάλαιο 2 : Η τεχνική πολυωνυμικής χαρτογράφησης (<i>Polynomial Texture Mapping- PTM</i>).....	11
2.1 Βασική μεθοδολογία απεικονιστικής τεχνικής μετασχηματισμού ανάκλασης - RTI (Reflectance Transformation Imaging).....	12
2.2 Σύλληψη και κατασκευή της τεχνική πολυωνυμικής χαρτογράφησης (<i>Polynomial Texture Mapping- PTM</i>).....	14
2.3 Εφαρμογές της μεθοδολογία απεικονιστικής τεχνικής μετασχηματισμού ανάκλασης - RTI (ReflectanceTransformationImaging)	16
Κεφάλαιο 3: Βασικές ρυθμίσεις για την λήψη εικόνων μέσω της μεθόδου τονισμού (HighlightRTI)	20
3.1 Διάταξη απαιτούμενων μέσων για την λήψη εικόνας (image capture)	21
3.2 Επεξεργασία των αρχείων λήψης και χρήση του λογισμικού RTIbuilder	23
Κεφάλαιο 4 : Εφαρμογή της μέθoδου τονισμού (Highlight RTI)	38
4.1Συμπεράσματα.....	47
Βιβλιογραφία.....	48

Κεφάλαιο 1: Φυσικές Επιστήμες(NS), Πολιτιστική Κληρονομιά(CH) και Ψηφιακή Γνώση

Η κληρονομιά της ανθρωπότητας μπορεί να ξεκλειδωθεί και να μοιραστεί στους ανθρώπους μέσα από ψηφιακές αναπαραστάσεις. Οι Ψηφιακές αναπαραστάσεις μπορούν να επικοινωνήσουν την γνώση με ποικίλους τρόπους. Για λόγους σαφήνειας, μπορούμε να ορίσουμε τρεις τύπους που διακρίνουν διαφορετικές χρήσεις για αυτές τις αναπαραστάσεις: α) τη τέχνη και β) την οπτικοποίηση, γ) την απεικόνιση και ψηφιακά υποκατάστατα του κόσμου που βιώνουμε.

1.1 Τέχνη, Οπτικοποίηση, και ψηφιακά υποκατάστατα

Το ψηφιακό περιεχόμενο μπορεί να είναι « καλή τέχνη» από μόνο του. Αυτό το περιεχόμενο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να απεικονίσει έννοιες, και να επεξηγήσει υποθέσεις. Σε αυτήν την περίπτωση, χρησιμοποιούμε το όρο «απεικόνιση» με την ευρύτερη έννοια του, ώστε να συμπεριλάβει την ακρόαση, την οσμή, τη γεύση και την αφή. Για παράδειγμα, μια απεικόνιση μέσω υπολογιστή ενός μεγάλου αστεροειδή που προσέκρουσε στην χερσόνησο Γιουκατάν 65 εκατομμύρια χρόνια πριν, είναι μια χρήσιμη πληροφορία για την απεικόνιση της αιτίας, για την εξαφάνιση των δεινοσαύρων. Οι εικόνες αυτές είναι χρήσιμες, όχι επειδή δείχνουν πιστά το σχήμα και το χρώμα του αστεροειδή πριν από την πρόσκρουση, αλλά επειδή επικοινωνούν αποτελεσματικά μια ιδέα.

Τα Ψηφιακά υποκατάστατα εξυπηρετούν έναν διαφορετικό σκοπό. Στόχος τους είναι να παρουσιάσουν αξιόπιστα στο «πραγματικό κόσμο» το περιεχόμενο σε ψηφιακή μορφή. Ο σκοπός τους, είναι να καταστήσουν ικανή την επιστημονική μελέτη και την προσωπική απόλαυση χωρίς την ανάγκη για άμεση φυσική εμπειρία του αντικείμενου ή του τόπου. Ψηφιακά υποκατάστατα του δικού μας «πραγματικού κόσμου», μπορούν σθεναρά να μεταδώσουν τα εμπειρικά χαρακτηριστικά των Φυσικών Επιστήμων και της Πολιτιστικής Κληρονομιάς.

Όταν τα ψηφιακά υποκατάστατα είναι χτισμένα, σύμφωνα με τις καθιερωμένες επιστημονικές αρχές, μπορούμε να οδηγηθούμε σε ένα αυθεντικό και αξιόπιστο επιστημονικό αποτέλεσμα. Αυτές οι αναπαραστάσεις επιτρέπουν τον επαναπροσδιορισμό της χρήσης, των ήδη συλλεχθέντων πληροφοριών .

Πληροφορίες σχετικά με τα ψηφιακά υποκατάστατα, αποθηκεύονται σε μια σημασιολογικά

πλούσια «κοινή γλώσσα». Τα αρχεία των ψηφιακών υποκατάστατων, απομακρύνουν τα φυσικά εμπόδια και δίνουν πρόσβαση στην επιστημονική κοινότητα και στο κοινό για την προώθηση της ευρείας γνώσης, της απόλαυσης της φύσης και των επιτευγμάτων των προγόνων μας.

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζονται από την υιοθέτηση ψηφιακών υποκατάστατων είναι μεγάλα, αλλά μπορούν να επιτευχθούν μόνο αν αναγνωριστούν και ξεπεραστούν εμπόδια. Όπως γίνεται κατανοητό, η υιοθέτηση θεμελιωδών αρχών για τα ψηφιακά υποκατάστατα είναι απαραίτητη. Η αναγκαιότητα για να επιτευχθεί ευρεία υιοθέτηση, θεμελιωδών αρχών, είναι η κινητήρια δύναμη της συνεχιζόμενης ανάπτυξης νέων εργαλείων, μεθόδων και προτύπων.

1.2 Εμπειρική προέλευση

Ένα θεμελιώδες πρόβλημα της ψηφιακής εποχής, είναι η ποιοτική αξιολόγηση των ψηφιακών υποκατάστατων κατά τη διάρκεια επιστημονικών ερευνών. Μια λύση στο πρόβλημα αυτό είναι αναγκαία, για τα ψηφιακά υποκατάστατα, έτσι ώστε να βρουν ευρεία χρήση. Η ευρεία υιοθέτηση των ψηφιακών υποκατάστατων από την επιστήμη σε όλα τα πεδία, συμπεριλαμβανομένης και της διεπιστημονικής μελέτης για την πολιτιστική μας κληρονομιά, απαιτεί την εμπιστοσύνη, ότι τα δεδομένα που παρουσιάζονται είναι αξιόπιστα. Για έναν ερευνητή που θέλει να χρησιμοποιήσει ένα ψηφιακό υποκατάστατο, που δημιουργήθηκε από κάποιον άλλο, είναι απαραίτητο να γνωρίζει ότι το ψηφιακό υποκατάστατο αντιπροσωπεύει το φυσικό πρωτότυπο. Αν οι αρχαιολόγοι βασίζονται σε εικονικά 3D μοντέλα για τη μελέτη παλαιολιθικών λίθινων εργαλείων, θα πρέπει να είναι σε θέση να κρίνουν την πιθανότητα, ότι ένα χαρακτηριστικό από το μοντέλο, θα είναι επίσης στο πρωτότυπο και το αντίστροφο. Αν αυτοί δεν μπορούν να εμπιστευτούν ότι το ψηφιακό υποκατάστατο είναι μια αυθεντική αναπαράσταση, τότε δεν θα το χρησιμοποιήσουν στο έργο τους.

Η έννοια της «εμπειρικής προέλευσης» προσφέρετε για να προωθήσει την κατανόηση του ρόλου των ψηφιακών υποκατάστατων στην επιστημονική έρευνα και την ενίσχυση της ανάπτυξης σε τεχνικές, που θα αντιπροσωπεύουν ψηφιακά τον κόσμο μας. Έτσι τα ψηφιακά υποκατάστατα θα υιοθετηθούν ως πρώτη ύλη, τόσο για επιστημονική έρευνα όσο και για τη μελέτη της συλλογικής μας κληρονομιάς. Ένα βασικό στοιχείο της παραδοσιακής επιστημονικής έρευνας, είναι η συστηματική συλλογή των παρατηρήσεων, για τον κόσμο μέσω των αισθήσεων. Από πολύ, πολύ παλιά έχει

υιοθετηθεί από την επιστημονική κοινότητα ότι φύση της ανθρώπινης γνώσης, και οι παρατηρήσεις των αισθήσεων φέρουν την ένδειξη «εμπειρική».

Μέσα στον επιστημονικό λόγο, η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για τη διαδικασία της δημιουργίας επιστημονικών πληροφοριών, έχει παραδοσιακά ονομαστεί από τη έρευνα ως «προέλευση». Η προέλευση καταγράφεται προσεκτικά σε φορητούς υπολογιστές ή σε εργαστήριο και στη συνέχεια γίνεται αναπόσπαστο στοιχείο των δημοσιευμένων αποτελεσμάτων. Αυτή η προέλευση εξηγεί, από πού προήλθε η πληροφορία και επιτρέπει την αντιγραφή της μέσω πειραμάτων. Έτσι βρίσκεται στο επίκεντρο της επιστημονικής πρακτικής και επιβεβαιώνει την ποιότητα των πληροφοριών.

Τέτοιες προελεύσεις μπορεί να περιλαμβάνουν περιγραφές του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται, τις μαθηματικές λογικές πράξεις που εφαρμόζονται, τις δραστηριότητες εποπτείας και οποιαδήποτε άλλα στοιχεία της διαδικασίας που είναι αναγκαία να γίνουν έτσι ώστε τα αποτελέσματά της έρευνας, να είναι σαφή και διαφανή στην επιστημονική κοινότητα και το ενδιαφερόμενο κοινό. Η εμπειρική προέλευση, είναι η επέκταση των κλασικών επιστημονικών μεθόδων, στις ψηφιακές πρακτικές που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ψηφιακών υποκατάστατων.

Η εμπειρική προέλευση καταγράφει το ταξίδι του αρχικού, με αναλλοίωτα τα εμπειρικά στοιχεία, από την αρχική σύλληψη δεδομένων, μέσω της διαδικασίας δημιουργίας εικόνας μέχρι την τελική μορφή, ως ένα ψηφιακό υποκατάστατο. Ακριβώς όπως στο «πραγματικό κόσμο», το πολιτιστικό υλικό απαιτεί μια πηγή προέλευσης. Για να αποδείξει την ιστορία του, την ιδιοκτησία του και την αυθεντικότητα του, τα ψηφιακά υποκατάστατα απαιτούν μια εμπειρική προέλευση, για να τεκμηριώσουν τις πρακτικές απεικόνισης που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία τους. Η εμπειρική προέλευση εξασφαλίζει πρόσβαση σε εμπειρικά δεδομένα, πρωτότυπες φωτογραφίες και το πλήρες ιστορικό που επιτρέπει στο χρήστη να δημιουργήσει μια επιβεβαιωτική εκπροσώπηση για την αξιολόγηση της ποιότητα και της αυθεντικότητας των δεδομένων. Με αυτόν τον τρόπο, ο χρήστης μπορεί να αποφασίσει ο ίδιος αν θα επικαλεστεί τα ψηφιακά υποκατάστατα, ή όχι.

1.3 Διαρκής Ψηφιακή Διατήρηση

Η πρόσβαση σε αρχειακές υπηρεσίες αποτελεί ουσιώδες στοιχείο της ψηφιακής ροής για τους ανθρώπους που χρησιμοποιούν τα ψηφιακά υποκατάστατα. Αρχειακές στρατηγικές διατήρησης είναι επίσης απαραίτητες για να εξασφαλισθεί, ότι αυτή η ψηφιακή πληροφορία θα είναι διαθέσιμη τόσο για τη χρήση, όσο και για την επαναχρησιμοποίηση από τις μελλοντικές γενιές. Με τη σειρά τους, το έργο των αρχειακών συντηρητών είναι απλουστευμένο και η ικανότητά τους να προγραμματίζουν τις συνεχιζόμενες δραστηριότητες διατήρησης σε μεγάλο βαθμό έχει ενισχυθεί, αρκεί αυτή η ψηφιακή πληροφορία να έχει «πρωταρχικά αρχειακά » γνωρίσματα . Τα ουσιώδη γνωρίσματα των «πρωταρχικών αρχείων » πληροφορίας, ορίζονται από μια εμπειρική απόκτηση και ψηφιακή παρατήρηση της παραγωγικής διαδικασίας , που παρέχει διαχείριση της γνώσης των μεθόδων της πληροφορίας.

1.4 Εκδημοκρατισμός της Τεχνολογίας

Για να συμβεί ευρεία υιοθέτηση της ψηφιακών υποκατάστατων, αυτοί που κατασκευάζουν και χρησιμοποιούν τα ψηφιακά υποκατάστατα πρέπει να είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν και οι ίδιοι, αυτά τα νέα εργαλεία. Τα μέσα, με τα οποία η ψηφιακή πληροφορία συλλαμβάνεται και συντίθενται σε ψηφιακό υποκατάστατο απαιτεί μεγάλη απλοποίηση, μείωση του κόστους, αυξημένη ευκολία χρήσης, και βελτιωμένη συμβατότητα με τις υπάρχουσες κουλτούρες εργασίας. Η εμφάνιση της νέας «οικογένειας» ισχυρών εικόνων που βασίζονται στα «εμπειρικά εργαλεία» απόκτησης της πληροφορίας , προσφέρουν αυτόματη επεξεργασία, που ξεπερνά ένα σημαντικό εμπόδιο για την υιοθέτηση της ψηφιακής ροής εργασίας. Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο, ο αυτοματισμός απαιτεί μηδαμινή διαμόρφωση, προσφέρει βελτιωμένη αξιοπιστία και μειώνει σημαντικά την εμπειρογνωμοσύνη που απαιτείται στην τεχνολογία υπολογιστών, για τη διαχείριση μιας ψηφιακής ροής εργασίας. Οι νέες μέθοδοι μόχλευσης της γνώσης καθιστούν τους επαγγελματίες (σε NS και CH) να δημιουργούν ψηφιακά υποκατάστατα με την ελάχιστη απαιτούμενη εκπαίδευση.

Οι δεξιότητες στη ψηφιακή φωτογραφία είναι ήδη ευρέως διαδεδομένες. Χρησιμοποιώντας την ψηφιακή φωτογραφία για να παρέχει εμπειρικά δεδομένα για τα ψηφιακά υποκατάστατα , έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των οικονομικών εμποδίων στην ψηφιακή έκδοση. Όπως θα δούμε

παρακάτω, πλούσιες εικόνες 2D και 3D πληροφοριών, μπορούν να συλληφθούν με το εξοπλισμό που βρίσκεται συνήθως στο σετ ενός σύγχρονου φωτογράφου. Πρόσφατες εργασίες έχουν δείξει ότι η υπολογιστική εκχύλιση πληροφορίας από ψηφιακές φωτογραφίες, μπορούν να δημιουργήσουν ψηφιακά υποκατάστατα, που περιγράφουν αξιόπιστα την 2D και 3D μορφή, τοποθεσία, το υλικό, και τις ιδιότητες του κόσμου μας. Μεταξύ αυτών των νέων τεχνολογιών, η **απεικονιστική τεχνική μετασχηματισμού ανάκλασης εικόνας (Reflectance Transformation Imaging -RTI)** είναι μόνο μια άποψη.

1.5 Ο ρόλος του RTI (Reflectance Transformation Imaging) στην έρευνα για την διαχείριση της γνώσης

Το RTI (**Reflectance Transformation Imaging**) χρησιμοποιώντας PTMs (polynomial texture mapping) εφευρέθηκε από τον Tom Malzbender της Hewlett-Packard Laboratories και είναι ένα παράδειγμα, όπου η υπολογιστική εξαγωγή 3D πληροφοριών αξιοποιεί μια αλληλουχία ψηφιακών φωτογραφιών. Η διαδικασία RTI έχει χρησιμοποιηθεί ως μοντέλο για να εξερευνήσει την ανάπτυξη της εμπειρικής προέλευσης και τα εργαλεία διαχείρισης της γνώσης. Σε συνδυασμό με τις πληροφορίες που αποθηκεύονται σε λογισμικό, με αρχεία Adobe.XMP , που δημιουργούνται κατά την διάρκεια των αρχικών RAW αρχείων, καταγράφεται η εμπειρική προέλευση για το RTI.

Το έργο αυτό έθεσε τα θεμέλια για την ανάπτυξη μιας νέας, πιο φιλικής προς τα αρχεία, σημασιολογικής διαχείρισης της γνώσης. Εργαλεία που υπόσχονται να αυξήσουν την ευκολία χρήσης της ψηφιακής τεχνολογίας για τους ερευνητές σε NS και CH, ενισχύοντας το ψηφιακό υποκατάστατο με αξιοπιστία, και χαμηλότερα εμπόδια για την υιοθέτηση της ψηφιακής τεχνολογίας.

Λαμβάνοντας υπόψη την ισχυρή δυναμική της αλλαγής που συνδέεται με όλα τα ψηφιακά πράγματα , η υιοθέτηση της ψηφιακής ροής εργασίας με υποκατάστατα, θα πρέπει να ενθαρρυνθεί με την ανοχή της αποκεντρωμένης πληροφορίας στην ψηφιακή αρχιτεκτονική. Η ανοχή ενθαρρύνει βελτιώσεις , ώστε να προσαρμοστούν στις τοπικές συνθήκες και τις απαιτήσεις της μελέτης. Η παγκόσμια πρόσβαση στην αξιολόγηση και στην εποπτεία αυτών των πρακτικών, επέτρεψάν την πρόσβαση στην εμπειρική προέλευση των ψηφιακών υποκατάστατων , με τη χρήση ψηφιακών πρακτικών διατήρησης, τόσο για ψηφιακά υποκατάστατα, όσο και για τα δεδομένα προέλευσης τους.

Η εμπειρική προέλευση, η διαρκής ψηφιακή διατήρηση και ο εκδημοκρατισμός της τεχνολογίας, παρέχουν έναν οδικό χάρτη για τη μελλοντική ψηφιακή απόλαυση της πολιτισμικής κληρονομιάς της ανθρωπότητας.

Αν οι επιστήμονες που ασχολούνται με τις φυσικές επιστήμες (NS) και την πολιτισμική κληρονομιά(CH), ενημερώνονται συνεχώς με αυτές τις έννοιες, τα νέα εργαλεία και τις μεθόδους, θα επιτρέψουν την κατασκευή αξιόπιστων, επαναχρησιμοποιήσιμων, αρχείων φιλικά προς τα ψηφιακά υποκατάστατα. Η αισθητική ποιότητα, η μεταφορά ιδεών και η πληρότητα των εμπειρικών πληροφοριών προέλευσης μπορούν να καθοδηγήσουν σωστά σε αποφάσεις σχετικά με το ποια ψηφιακή αναπαραστάση συνεχώς διατηρείται.

Κεφάλαιο 2 : Η τεχνική πολυωνυμικής χαρτογράφησης (*Polynomial Texture Mapping- PTM*)

Η τεχνική πολυωνυμικής χαρτογράφησης, είναι μια τεχνική απεικόνισης όπου εξετάζονται αντικείμενα υπό διάφορες συνθήκες φωτισμού για να αποκαλυφθούν στην επιφάνει διάφορα φαινόμενα .

Η μέθοδος αναπτύχθηκε αρχικά από τον Tom Malzbender της HP Labs, ώστε να παράγει βελτιωμένα 3D γραφικά σε υπολογιστή και έκτοτε υιοθετήθηκε για εφαρμογές πολιτιστικής κληρονομιάς. Η τεχνική πολυωνυμικής χαρτογράφησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη λεπτομερή καταγραφή και τεκμηρίωση, 3D modeling, ανίχνευσης ακμών και για να βοηθήσει τη μελέτη των επιγραφών και άλλων αντικείμενων.

Έχουν προταθεί δυο βασικές παραλλαγές της μεθόδου, η μέθοδος της θόλου (dome method) και του τονισμού (Highlight), καθώς και μια ενδιάμεση μεθοδολογία, η οποία χρησιμοποιεί δακτυλίους ή βραχίονες για την κίνηση της φωτιστικής πηγής.

A) Η μέθοδος της θόλου (Εικόνα 1) περιλαμβάνει τη χρήση μιας ειδικής συσκευής- θόλου, ώστε τα απαραίτητα δεδομένα για την κατεύθυνση και την γωνία πρόσπτωσης του φωτός σε κάθε μία από τις φωτογραφίες εφαλτομενικού φωτισμού, να είναι γνωστά. Η μέθοδος παρέχει αυτοματοποίηση, μειώνει τον χρόνο για τη λήψη και επεξεργασία των δεδομένων, και οδηγεί σε ακριβή αποτελέσματα. Το μόνο μειονέκτημά της είναι ότι οι διαστάσεις της συσκευής περιορίζουν σημαντικά την δυνατότητα εφαρμογής της τεχνικής σε ευρήματα μεγαλύτερων ή μικρότερων διαστάσεων.



Εικόνα 1 Δύο θόλοι για τον καθορισμό της κατεύθυνσης του φωτισμού.

Δύο θόλοι, χρήσιμοι για τον καθορισμό της Κατεύθυνσης του φωτισμού.

Σε κάθε μια από τις δύο περιπτώσεις, η ψηφιακή κάμερα τοποθετείται απο πάνω και το αντικείμενο προς φωτογράφιση , κατω στο πάτωμα.

Β) Στη μέθοδο του τονισμού τα δεδομένα υπολογίζονται εξ' ολοκλήρου από το πρόγραμμα, βάσει των αντανάκλασεων της φωτιστικής πηγής στην στυλπνή σφαίρα, συνεπώς η λήψη και η επεξεργασία τους είναι πιο χρονοβόρα και απαιτεί ακρίβεια. Μπορεί όμως να εφαρμοστεί ανεξάρτητα από το μέγεθος των αντικειμένων χωρίς καμία ειδική συνδεσμολογία.



Εικόνα 3

Για μια απλή εφαρμογή ο απαραίτητος εξοπλισμός περιλαμβάνει μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή, ένα τρίποδο, μια φωτιστική πηγή(Εικ.3,4) και τουλάχιστον δυο στυλπνές σφαίρες.



Εικόνα 4

2.1 Βασική μεθοδολογία απεικονιστικής τεχνικής μετασχηματισμού ανάκλασης - RTI (Reflectance Transformation Imaging)

Η απεικονιστική τεχνική μετασχηματισμού ανάκλασης (*Reflectance Transformation Imaging - RTI*) είναι μια μη καταστρεπτική, προσιτή και εύκολη τεχνική, που καλύπτει το κενό μεταξύ τρισδιάστατης απεικόνισης και φωτογραφίας. Αφετηρία για την εξέλιξη του RTI αποτέλεσε η τεχνική πολυωνυμικής χαρτογράφησης (*Polynomial Texture Mapping- PTM*) που εφευρέθηκε το 2001 από τον Tom Malzbender, ερευνητή της Hewlett-Packard. Έκτοτε, έχουν παρουσιαστεί πολλές ενδιαφέρουσες εφαρμογές σε διεθνές και εθνικό επίπεδο. Στην Ελλάδα εφαρμογές έχουν γίνει στην Αμφίπολη, στη Θεσσαλονίκη, στην Αττική, στη Θήρα, στην Πελοπόννησο και στην Κρήτη.

Τα στάδια της μεθόδου είναι η συλλογή και επεξεργασία δεδομένων και η προβολή του περιεχομένου των αρχείων. Από την συλλογή δεδομένων προκύπτει μια σειρά φωτογραφιών ενός στατικού αντικειμένου με εφαπτομενικά προσπίπτουσα ακτινοβολία. Στη συνέχεια, για την επεξεργασία των δεδομένων, το πιο διαδεδομένο λογισμικό είναι το RTI builder, ένα ελεύθερο λογισμικό με φιλικό για το χρήστη περιβάλλον εργασίας.

Μικροσκοπικό RTI: Τα μειονεκτήματα της μεθόδου του τονισμού καθιστούν εξαιρετικά δύσκολη την εφαρμογή της τεχνικής σε μικροσκοπική κλίμακα. Για να αντιμετωπιστούν τα παραπάνω προβλήματα σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε η πρώτη σε διεθνές επίπεδο πειραματική μικροσκοπική θόλος RTI. Πρόκειται για μια σύνθετη μετάλλινη κατασκευή, που μπορεί να στρέφεται κατά 90 μοίρες, έτσι ώστε τα υπό μελέτη αντικείμενα να τοποθετούνται με ασφάλεια κάτω από αυτήν αλλά χωρίς να ακουμπούν σε αυτήν. Το μικροσκοπικό RTI αποδείχθηκε χρήσιμο εργαλείο για την εξέταση λεπτομερειών μικρών θραυσμάτων και νομισμάτων.

Υπέρυθρο RTI: Η μεθοδολογία RTI στο υπέρυθρο, μια περιοχή του φάσματος η οποία έχει χρησιμοποιηθεί ενδελεχώς στην διαγνωστική εξέταση, οδηγεί σε μια βελτιωμένη απόδοση της υφής και της τρισδιάστατικότητας των χαρακτηριστικών που είναι διακριτά σε περιοχές του υπέρυθρου φάσματος. Το σύνολο δεδομένων για το IR-RTI είναι μια σειρά από υπέρυθρες ψηφιακές φωτογραφίες, που λαμβάνονται με μια τροποποιημένη φωτογραφική μηχανή DSLR (UV-VIS-IR) και κατάλληλα φίλτρα (720nm, 760nm, 850nm, 950nm), ενώ το υπό εξέταση αντικείμενο ακτινοβολείται από μια πηγή υπέρυθρου φωτός από διαφορετικές γωνίες. Για τη συλλογή πολυφασματικών δεδομένων κρίθηκε σκόπιμη η κατασκευή ενός ειδικού βραχίονα για την κίνηση της φωτιστικής πηγής.

RTI διάθλασης: Το RTI διάθλασης, μια μεθοδολογία εμπνευσμένη από την παραδοσιακή φωτογραφική τεχνική, δρα συμπληρωματικά στις παραπάνω μεθόδους και παρέχει μια βελτιωμένη απεικόνιση.

2.2 Σύλληψη και κατασκευή της τεχνική πολυωνυμικής χαρτογράφησης (*Polynomial Texture Mapping- PTM*)

Οι τεχνικές πολυωνυμικής χαρτογράφησης (PTMs) είναι φτιαγμένες συνήθως από πολλαπλές εικόνες, σε ένα στατικό σκηνικό ή σε ένα αντικείμενο που φωτίζεται από διαφορετικές κατευθύνσεις φωτισμού για κάθε εικόνα. Αυτά τα είδη των εικόνων , εύκολα συλλέγονται από μια ποικιλία μεθόδων. Οι τεχνικές μπορούν να αναλυθούν σε δύο κατηγορίες, η κάθε μία με το δικό της σύνολο εργαλείων για την υποστήριξη της κατασκευής των PTMs .

PTM μορφές που υποστηρίζονται από το PTMviewer

Format Name	Bytes per pixel	Description
PTM_FORMAT_LRGB	6+3	Luminance as a polynomial multiplied by unscaled RGB
PTM_FORMAT_RGB	3 x 6	Polynomial coefficients for each color channel
PTM_FORMAT_LUM	1 or 2	YCrCb color space, only Y as a polynomial
PTM_FORMAT_PTM_LUT	3+1	Index to a lookup table that contains RGB values plus polynomial coefficients
PTM_FORMAT_PTM_C_LUT	Variable	RGB values plus an index to a lookup table that contains only polynomial coefficients
PTM_FORMAT_JPEG_RGB	Variable	JPEG compression of an RGB PTM
PTM_FORMAT_JPEG_LRGB	Variable	JPEG compression of an LRGB PTM
PTM_FORMAT_JPEGLS_RGB	Variable	JPEGLS compression of an RGB PTM
PTM_FORMAT_JPEGLS_LRGB	Variable	JPEGLS compression of an LRGB PTM

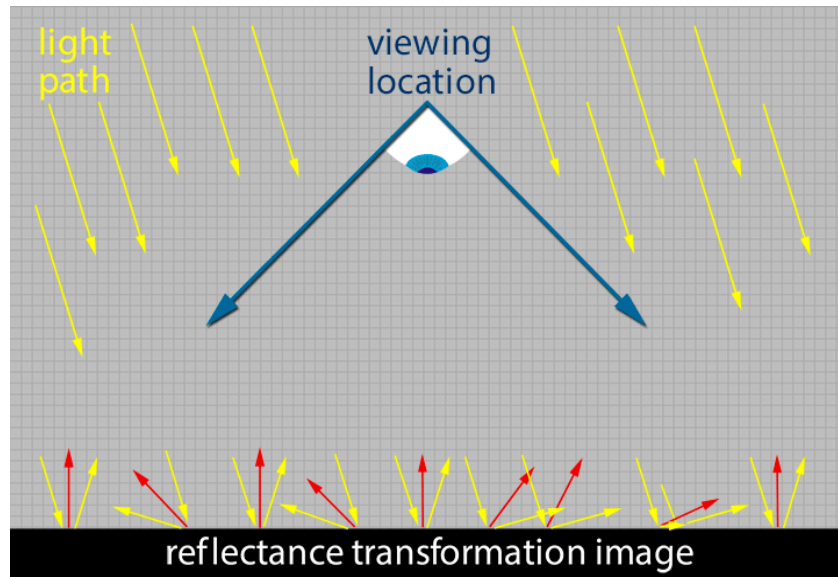
α) Στην πρώτη κατηγορία, η κατεύθυνση της φωτεινης πηγής είναι γνωστή και καθορίζεται από μια μορφή αρχείου που ονομάζεται αρχείο a.lp. Το a.lp αρχείο είναι τυπικά κατασκευασμένο από ένα πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένου, όπως το WordPad. Ένα απλό παράδειγμα παρουσιάζεται παρακάτω:

```
C:\Leaves512\91-001.jpg -0.015760 0.196076 0.980462
C:\Leaves512\91-002.jpg 0.181637 0.075514 0.980462
C:\Leaves512\91-003.jpg 0.127865 -0.149482 0.980462
C:\Leaves512\91-004.jpg -0.102547 -0.167864 0.980462
C:\Leaves512\91-005.jpg -0.191321 0.045724 0.980462
C:\Leaves512\91-006.jpg -0.260303 0.214284 0.910212
```

Εικόνα 5

Η πρώτη γραμμή περιέχει τον αριθμό των εικόνων στο σύνολο (Εικ. 5). Για κάθε εικόνα, το όνομα του αρχείου της εικόνας δίνεται με την παρακάτω μορφή (either .jpg, .tga ή .ppm), τότε οι x , y και z συντεταγμένες ενός κανονικοποιημένου διανυσματικού σημείου στο φως, προσδιορίζονται. Όταν το φως, κοιτά το αντικείμενο προς απεικόνιση μέσω της φωτογραφική μηχανή, ο άξονας x είναι προς τα δεξιά, ο άξονας y είναι προς το κορυφή, και ο άξονας z δείχνει στην κάμερα από το κέντρο τής εικόνα.

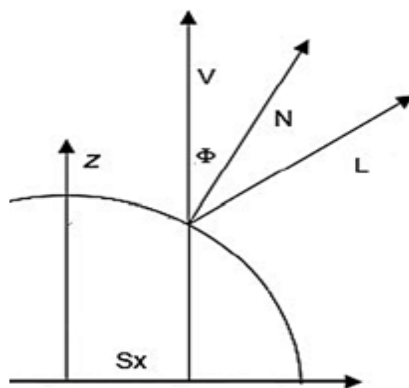
Για παράδειγμα, ένα φως τοποθετείται κατευθείαν από πάνω, όπου η κάμερα είναι, τότε το διάνυσμα κατεύθυνσης θα είναι $(0,0,1)$. Μόλις ένα τέτοιο αρχείο .lp είναι κατασκευασμένο, η PTMfitter εκτελείται, ώστε να μετατρέψει αυτές τις εικόνες από .lp αρχείο σε ένα PTM.



Εικόνα 6

Η εικόνα δείχνει πως συλλαμβάνονται οι πληροφορίες στην τεχνική μετασχηματισμού ανάκλασης RTI

Β) Η δεύτερη κατηγορία για την κατασκευή PTMs βασίζεται στην παραπάνω μέθοδο, που αποτελείται τη βάση του τονισμού (highlight-HRTI). Ωστόσο, η νέα γενιά του HRTI, απαιτεί σημαντική ανθρώπινη παρέμβαση, η οποία είναι χρονοβόρα και επιρρεπής σε λάθη. Για τον λόγο αυτό, αναπτύχθηκε ένα λογισμικό εργαλείο, το LP tracker, που υπολογίζει τις θέσεις των φωτεινών πηγών αυτόματα, από τις ανακλάσεις του φωτός πάνω στις γυάλινες σφαίρες.



Εικόνα 7. Μοντέλο για την εκτίμηση της κατεύθυνσης της φωτεινής πηγής

Με τη βοήθεια των γυάλινων σφαιρών, που είναι τοποθετημένες δίπλα στο αντικείμενο, συλλαμβάνονται οι εικόνες και το λογισμικό εργαλείο, LP tracker, εφαρμόζει τεχνικές επεξεργασίας εικόνας, συνδυάζοντας την ειδική γεωμετρία (Εικ. 7), ώστε να εκτιμηθούν οι θέσεις της πηγής του φωτός. Από το σύνολο των συλληφθέντων φωτογραφιών, το LP tracker, καθοδηγεί το χρήστη μέσω μιας σειράς πράξεων :

- Να βρεί τις γυάλινες μπάλες στην εικόνα
- Να εντοπίσει τα στυγμιότυπα της κάθε εικόνας
- Να εκτιμήσει τη γεωμετρική θέση της φωτεινής πηγής
- Να καταγράψει τα δεδομένα εμπειρικής προέλευσης σε αρχείο
- Να τροφοδοτήσει με τα απαιτούμενα αρχεία το PTMbuilder
- Και τέλος μέσω του PTMviewer να παρουσιάσει το τελικό αποτέλεσμα

2.3 Εφαρμογές της μεθοδολογία απεικονιστικής τεχνικής μετασχηματισμού ανάκλασης - RTI (Reflectance Transformation Imaging)

Η μέθοδος της απεικονιστικής τεχνικής μετασχηματισμού ανάκλασης εικόνας και τα PTM εργαλεία έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε μια ποικιλία κλάδων, από ερευνητές εκτός του πεδίου των γραφικών και οπτικών μέσων. Μερικά παραδείγματα επισημαίνονται παρακάτω:

1. Πολιτιστική Κληρονομιά



Εικόνα 8

Μια πρόσφατη εφαρμογή της μεθόδου, ήταν στη μελέτη του Μηχανισμού των Αντικυθήρων (Εικ. 8) από μια διεθνή ερευνητική ομάδα που αποτελούνταν από μελετητές και ερευνητές από την Ελλάδα, το Ηνωμένο Βασίλειο και τις Ηνωμένες Πολιτείες.

2. Ιατροδικαστικές έρευνες

Αρκετές ποινικές έρευνες που βρίσκονται σε εξέλιξη χρησιμοποιούν την μέθοδο RTI. Για παράδειγμα στις ΗΠΑ, το FBI, χρησιμοποιεί την μέθοδο σε υποθέσεις πλαστογραφίας ή στο Τμήμα Δικαιοσύνης της Καλιφόρνια , χρησιμοποιείται για την μελέτη αποτυπωμάτων (Εικ. 9).



Εικόνα 9

3. Συντήρηση έργων τέχνης

Η σύλληψη και η απεικόνιση ενός πίνακα, υπό διάφορες κατευθύνσεις φωτισμού μας δίνει αρκετές πληροφορίες για τον πίνακα , απο τον ίδιο τον πίνακα . Για το λόγο αυτό, τόσο η Εθνική Πινακοθήκη της Αγγλίας όσο και η Tate Galleries στο Λονδίνο έχουν διευρύνει τη χρήση των PTMs σε αρκετους πίνακες ζωγραφικής της συλλογή τους . Ειδικότερα, οι ρωγμές, η ύφανση του καμβά , οι κόκκοι ξύλων, αλλά και παραμορφώσεις της επιφάνειας, μπορούν εύκολα να γίνουν ορατοί.

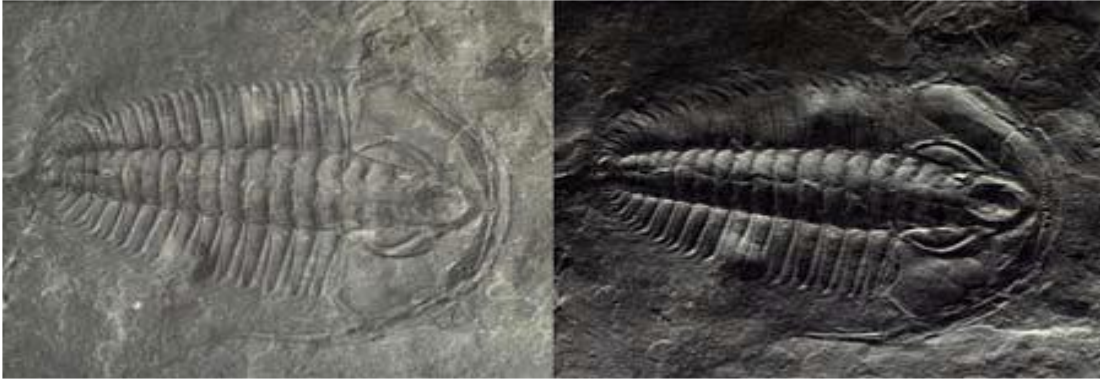


Εικόνα 10. Ο πίνακας "Jean de la Chambre στην ηλικία των 33», του Frans Hals, χρονολογείται μεταξύ 1580-1666

Προσεξτε πως φαίνονται οι διακυμάνσεις του πινέλου , που γίνονται ορατές λόγω των διαφορετικών κατευθύνσεων φωτισμού.

4. Παλαιοντολογία

Οι τεχνικές μετασχηματισμού ανάκλασης έχουν αποδειχθεί χρήσιμα εργαλεία στα χέρια των παλαιοντολόγων αφού μπορούν να δώσουν χρήσιμες πληροφορίες από απολιθώματα, ειδικά απο εκείνα τα δείγματα με χαμηλή χρωματική αντίθεση και ανάγλυφο.



Εικόνα 11

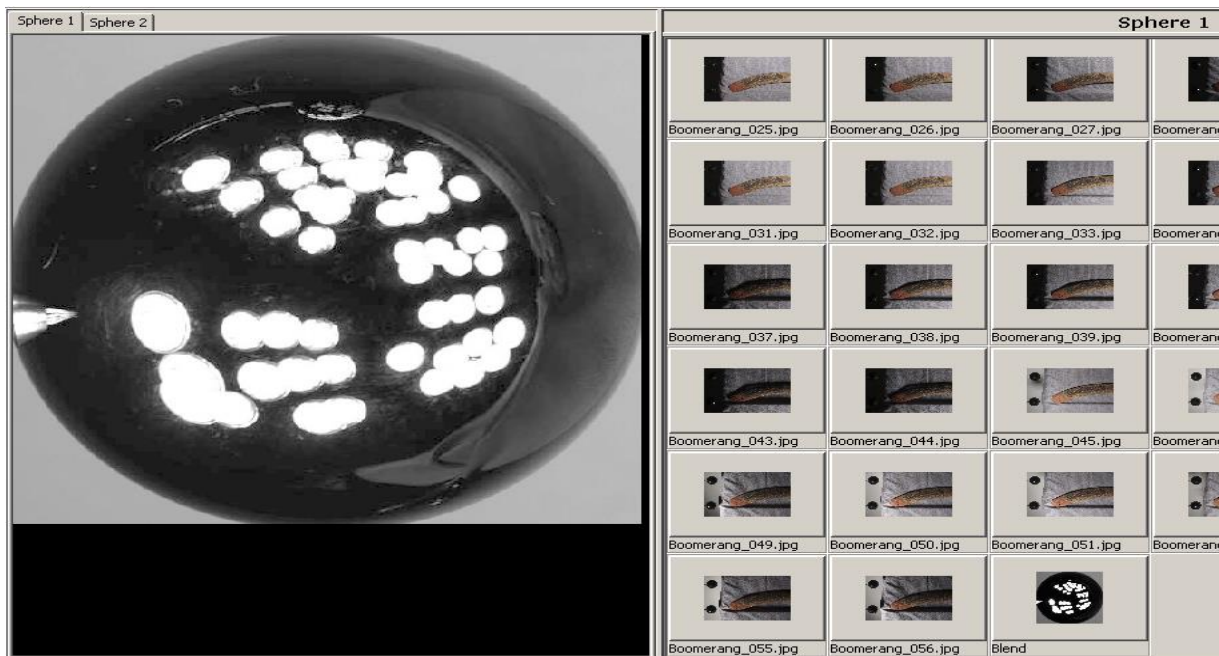


Εικόνα 12 . Από τη συλλογή του
Πανεπιστήμιου της Καλιφόρνιας, Μουσείο Παλαιοντολογίας

Κεφάλαιο 3: Βασικές ρυθμίσεις για την λήψη εικόνων μέσω της μεθόδου τονισμού (Highlight RTI)

Όπως έχει επισημανθεί και παραπάνω , με την τονική μέθοδο **Highlight RTI** λήψης εικόνας, η απόκτηση ψηφιακών δεδομένων , βοηθά στην παραγωγή εικόνων μέσω της ανάκλασης. Το RTI, εκτός απο την αποθήκευση χρωματικών δεδομένων για κάθε εικόνα , αποθηκεύει μια φυσική τιμή για το κάθε ριxel που καταγράφει το σχήμα της επιφάνειας του αντικειμένου. Το λογισμικό επεξεργασίας υπολογίζει την τιμή, χρησιμοποιώντας τα αρχεία σχετικά με τη γωνία μεταξύ της φωτεινής πηγής και του αντικειμένου.

Στην τονική μέθοδο **Highlight RTI** λήψης εικόνας, περιλαμβάνεται και η εικόνα απο μία ή δύο ανακλαστικές σφαίρες για κάθε λήψη. Η ανάκλαση απο την φωτεινή πηγή πάνω στις σφαίρες , επιτρέπει στο λογισμικό επεξεργασίας (Εικ. 13) να υπολογίσει την γωνία φωτισμού για την εικόνα.



Εικόνα 13 . Λογισμικό επεξεργασίας γωνίας φωτισμού

3.1 Διάταξη απαιτούμενων μέσων για την λήψη εικόνας (image capture)

Είναι πολύ σημαντικό ότι η κάμερα, το αντικείμενο-στόχο, και οι ανακλαστικές σφαίρες δεν θα κινούνται καθόλου κατά τη διάρκεια των λήψεων, μόνο το φως κινείται.

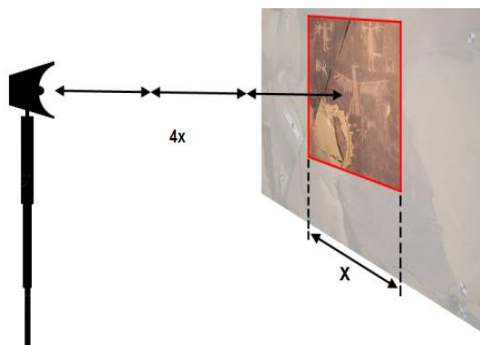
Θα πρέπει να ρυθμιστούν τα ακόλουθα στοιχεία:



Εικόνα 13

1. Φωτογραφική μηχανή
2. Το αντικείμενο – στόχος με τις ανακλαστικές σφαίρες
3. Η φωτεινή πηγή
4. Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής

1. Ρυθμίζουμε την απόσταση της φωτεινής πηγής , 3 εως 4 φορές (Εικ . 14) μακριά απο το αντικείμενο με βάση την διάμετρο του. Οι ανακλαστικές σφαίρες πρέπει να είναι σε θέση να αποκόβονται απο την εικόνα. Μεγάλη προσοχή στο να μην δημιουργούνται σκιές απο τις σφαίρες, απο το στηριγμά τους και απο το τρίποδο.



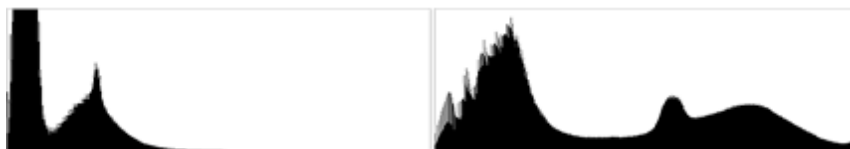
Εικόνα 14

Βασικές Ρυθμίσεις Κάμερας

- Never set off
- Manual Mode
- Autofocus

Στις τελικές ρυθμίσεις της κάμερας πρέπει να προσέξουμε τα παρακάτω:

- Οι ανακλαστικές σφαίρες πρέπει να είναι τοποθετημένες μέσα στο frame της εικόνας.
- Η εστίαση πρέπει να είναι σε πλήρη ανάλυση
- Έκθεση στην υψηλότερη θέση φωτός (65 μοίρες) και στη χαμηλότερη (15 μοίρες).
Χρειάζεται να γίνει έλεγχος στο ιστόγραμμα , έτσι ώστε να επιβεβαιωθεί , ότι δεν έχει καεί τίποτα και πώς κάθε εικόνα έχει να δώσει χρήσιμα δεδομένα.



Εικόνα 15 Τα ιστογράμματα, για παράδειγμα δείχνουν το χρησιμοποιούμενο εύρος έκθεσης

Λίγο πριν την λήψη εικόνας (imagew capture) πρέπει να γίνει :

- Προσαρμογή του φακού της κάμερας σε χειροκίνητη εστίαση αν κρίνεται απαραίτητο
- Προσαρμογή της εικόνας σε ποιότητα raw
- Ορισμός του ονόματος του αρχείου για το κατέβασμα του αρχείου επεξεργασίας

Κατα την διάρκεια των λήψεων εικόνας πρέπει :

- Να μετακινούμε την φωτεινή πηγή σε διάφορες θέσεις με γωνία απο 15 – 65 μοίρες
- Η χρήση ενός σπάγκου θα διατηρήσει την θέση σταθερή
- Κατα την διάρκεια της λήψης , η φωτογραφική μηχανή, οι ανακλαστικές σφαίρες και το αντικείμενο πρέπει να παραμένουν σταθερά, μόνο η φωτεινή πηγή πρέπει να μετακινείται .



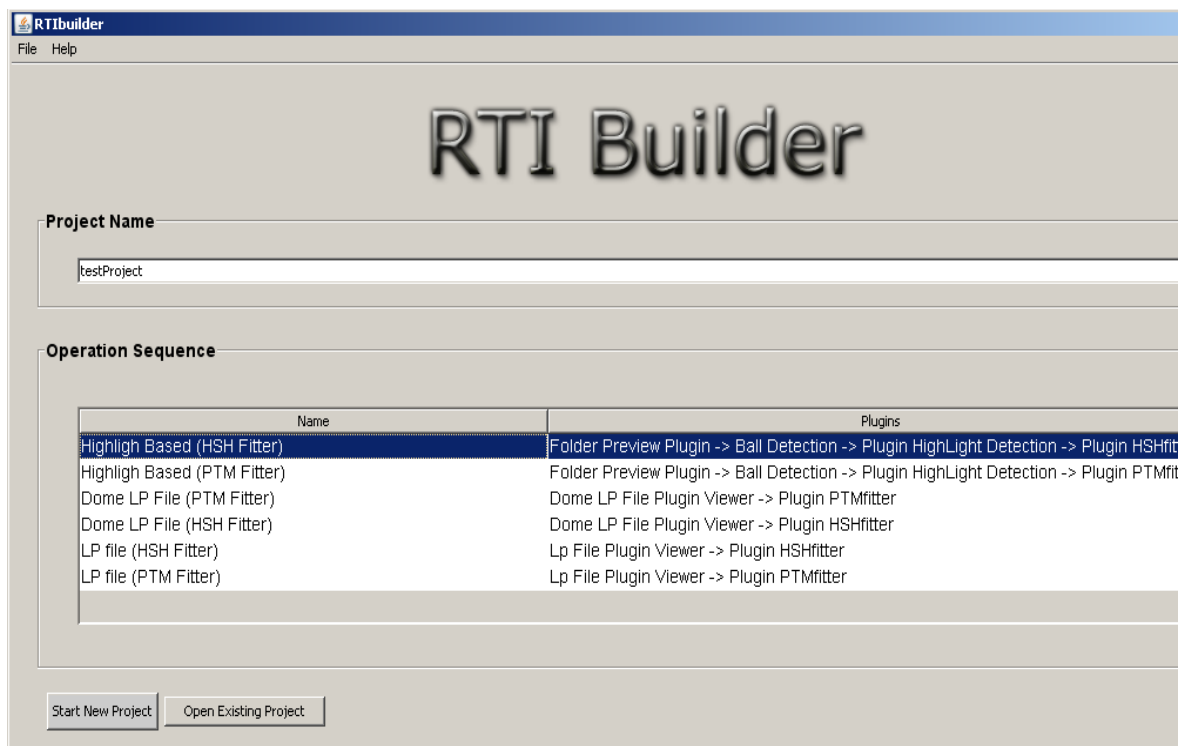
Εικόνα 16 Αιχμαλωτίζοντας την τοιχογραφία του Αγίου Γεωργίου πάνω στο άλογο, Παρεκκλήσι των Αγίων, Κοσμά και Δαμιανού, Εκκλησία Αγγελοκτίστης , Κίτι

3.2 Επεξεργασία των αρχείων λήψης και χρήση του λογισμικού RTI builder

Μετά το πέρας της λήψης εικόνων, εκτελούνται μια σειρά από ενέργειες, για να δημιουργηθεί το τελικό RTI αρχείο. Τα αρχεία raw, μεταφέρονται από την φωτογραφική μηχανή σε λογισμικό επεξεργασίας εικόνων και αποθηκεύονται υπό νέα μορφή, σε αρχεία DNG (Digital Negative format). Τα νέα αρχεία DNG, που είναι τώρα τα νέα δεδομένα λήψης, εξάγονται σε JPEG μορφή και εισάγονται στο RTI builder. Το RTI builder με μια σειρά από εργαλεία, επεξεργάζεται την εικόνα και παράγει το τελικό RTI αρχείο.

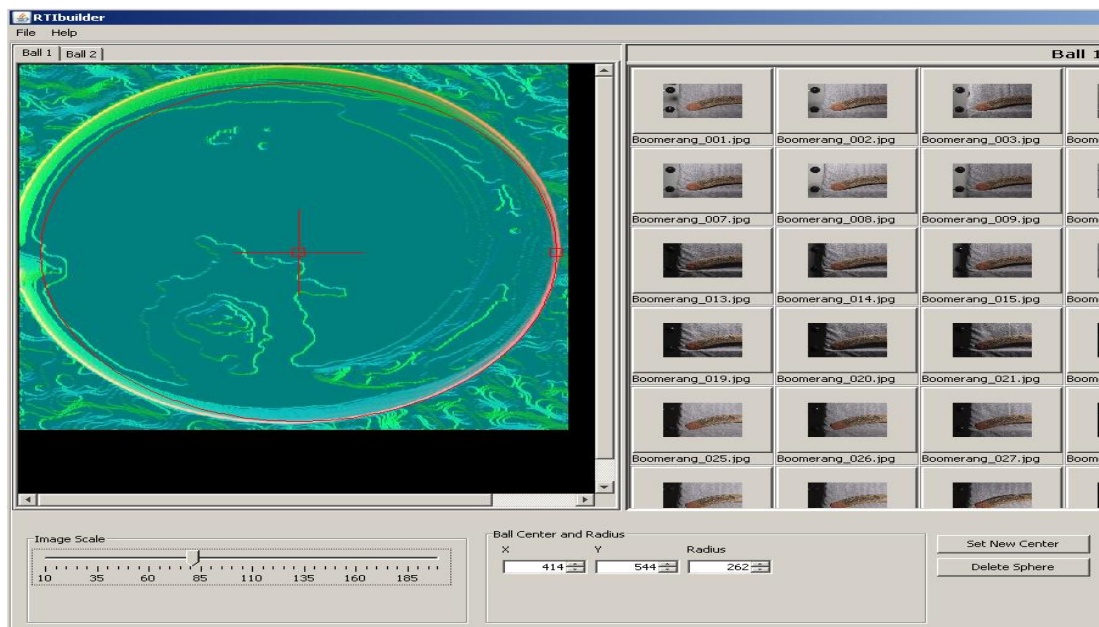
Τα βασικά βήματα είναι τα παρακάτω:

1. **Δημιουργία σχεδίου (create a project)**: αρχικά ορίζουμε το όνομα του αρχείου και την θέση της εικόνας. Επιλεγούμε τον τύπο του RTI αρχείου ανάμεσα από δύο είδη αλγορίθμων επεξεργασίας (Polynomial Texture Map (PTM) algorithm ή (Hemispherical Harmonics)).

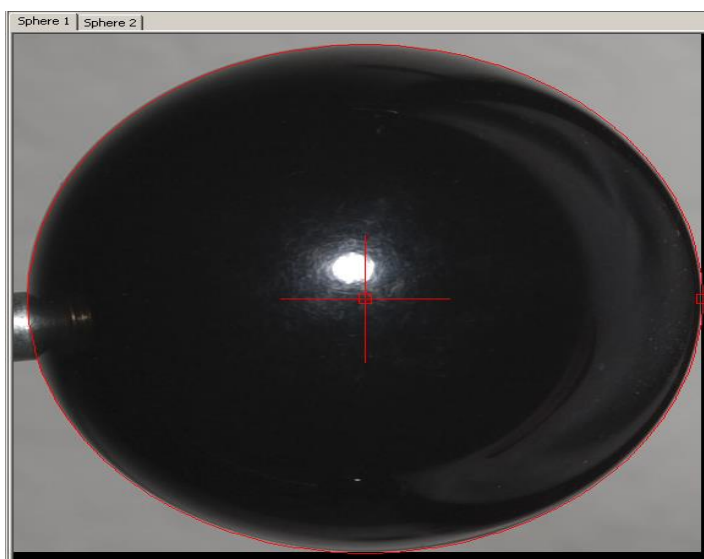


Εικόνα 17. Δημιουργία σχεδίου

2. **Εντοπισμός των θέσεων φωτισμού** : υπάρχουν δύο βήματα για τον ορισμό των θέσεων, πρώτα πρέπει το λογισμικό να αναγνώρισει τις σφαίρες και έπειτα να ανιχνεύσει τις ανακλάσεις για να τις χρησιμοποιήσει για τον υπολογισμό της θέσης φωτισμού της κάθε εικόνας (Εικ. 18,19) .

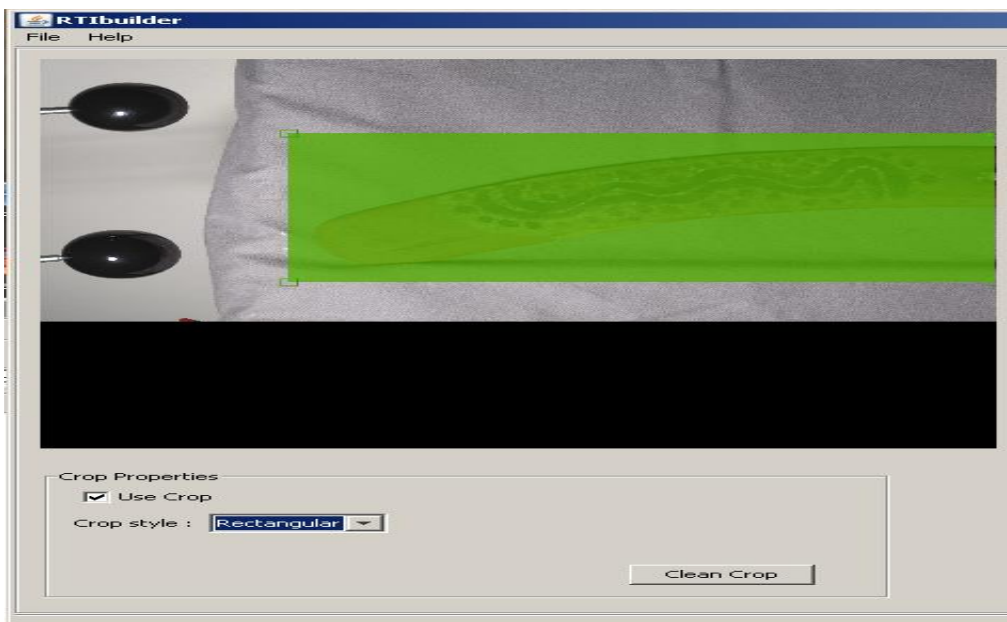


Εικόνα 18. Εντοπισμός θέσεων φωτισμού

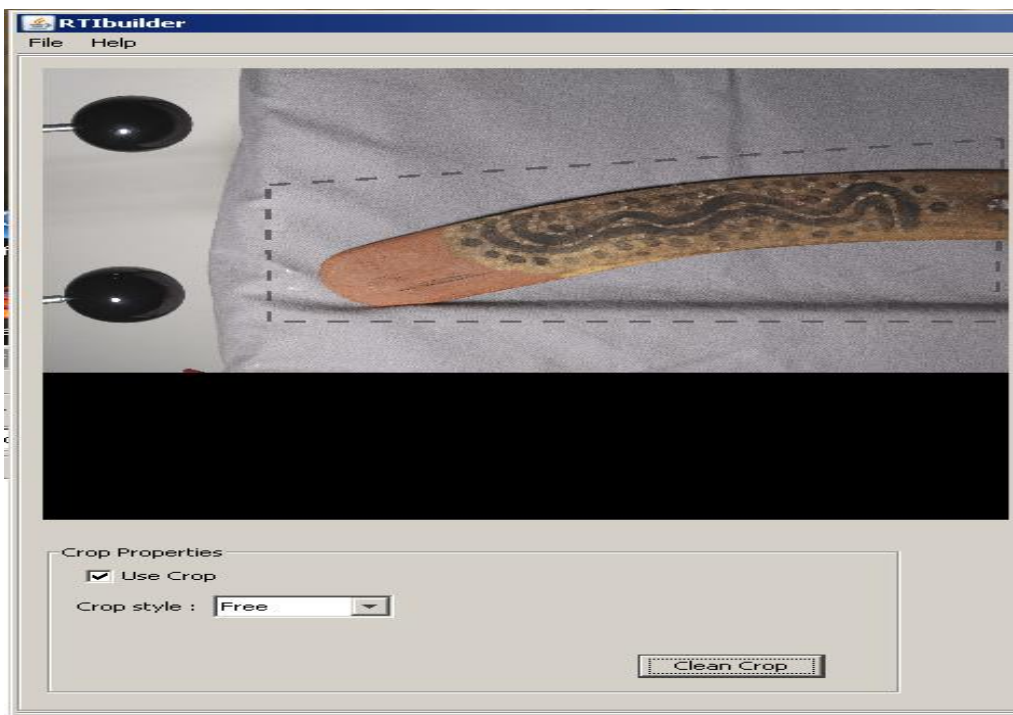


Εικόνα 19. Εντοπισμός θέσεων φωτισμού

3. **Περικοπή των εικόνων** : αφού έχουν υπολογιστεί οι θέσεις φωτισμού , υπάρχει η επιλογή να περικοπούν οι εικόνες και οι ανακλαστικές σφαίρες (Εικ. 20, 21), έτσι ώστε να εμφανιστεί η μία και μοναδική εικόνα σε PTM ή RTI αρχείο.

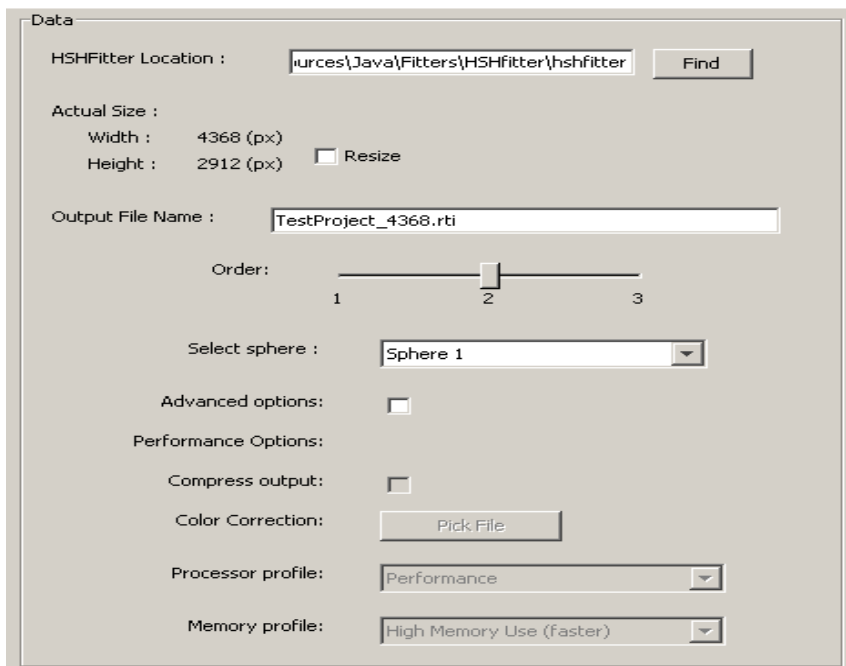


Εικόνα 20



Εικόνα 21

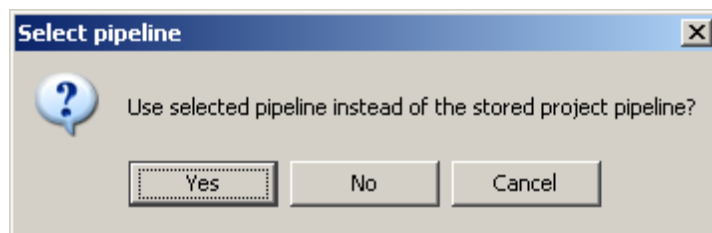
4. Παραγωγή RTI:



Η δεξιά πλευρά της οθόνης επιτρέπει να δημιουργηθεί το τελικό RTI αρχείο, χρησιμοποιώντας είτε το PTM ή HSH .

Εικόνα 22

5. **Επαναεπεξεργασία των συνολικών δεδομένων** : μετά την παραγωγή ενός PTM ή RTI αρχείου, υπάρχει η δυνατότητα να φορτωθεί εκ νέου το υφιστάμενο σχέδιο (Εικ. 23) , για την δημιουργία πρόσθετων PTM ή RTI αρχείων με διαφορετικές ρυθμίσεις.



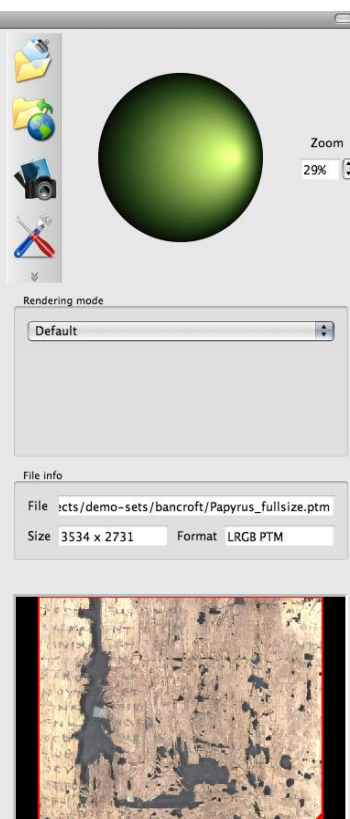
Εικόνα 23

3.2 Χρήση του λογισμικού προβολής RTI Viewer

Το RTI Viewer είναι ένα εργαλείο προβολής που επιτρέπει την εξέταση εικόνων που δημιουργήθηκαν με την τεχνική μετασχηματισμού ανάκλασης εικόνας. Διαθέτει μια συλλογή για ενιαία θέαση των εικόνων , μαζί με στοιχεία οπτικής ροής. Το RTI Viewer προσφέρει μια διαδραστική απόδοση των εικόνων , που επιτρέπει την αλλαγή της προβολής εικόνας , παρέχοντας την δυνατότητα αλλαγής της κατεύθυνσης φωτισμού. Επιπλέον προσφέρει μια σειρά απο τρόπους , με τους οποίους εφαρμόζονται οι μαθηματικοί μετασχηματισμοί των δεδομένων της εικόνας, για να ενισχυθούν ή να τονιστούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του αντικειμένου.



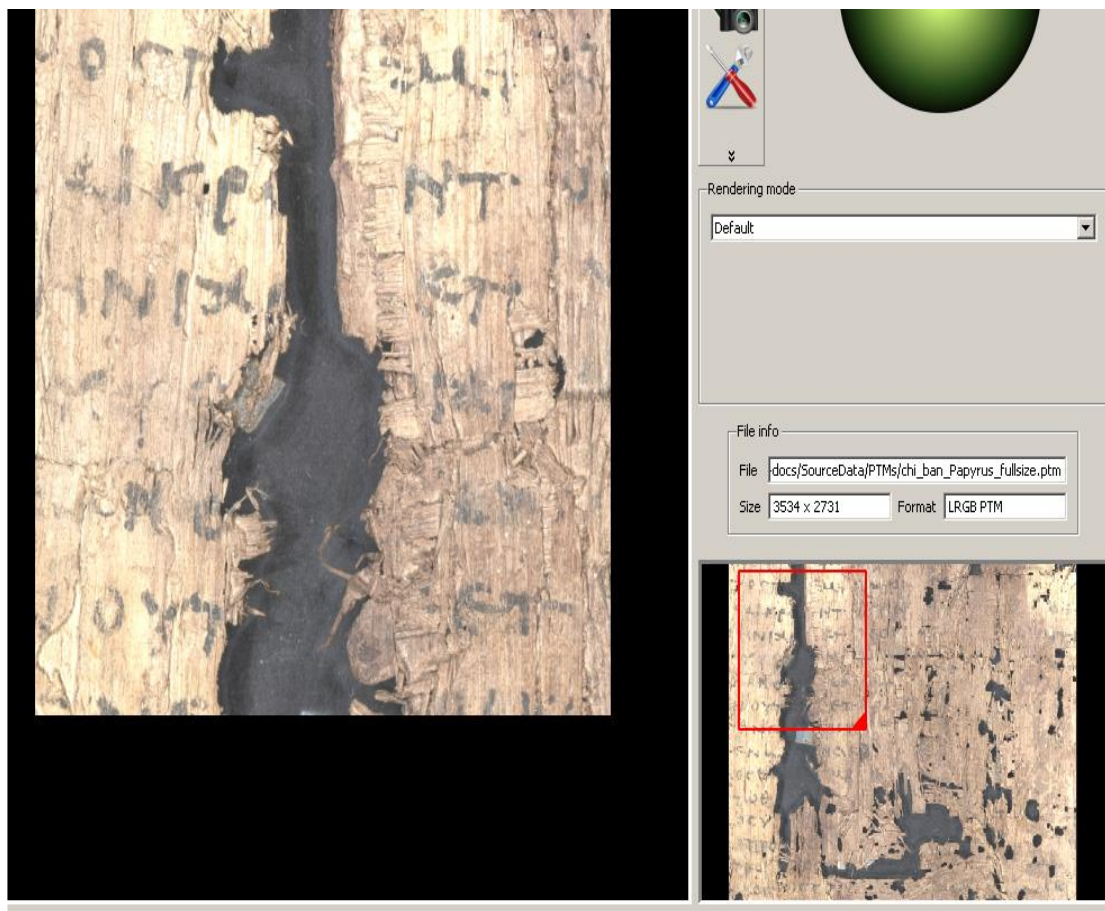
Εικόνα 24. Κύριος πίνακας προβολής



Εικόνα 25. Πίνακας ελέγχου

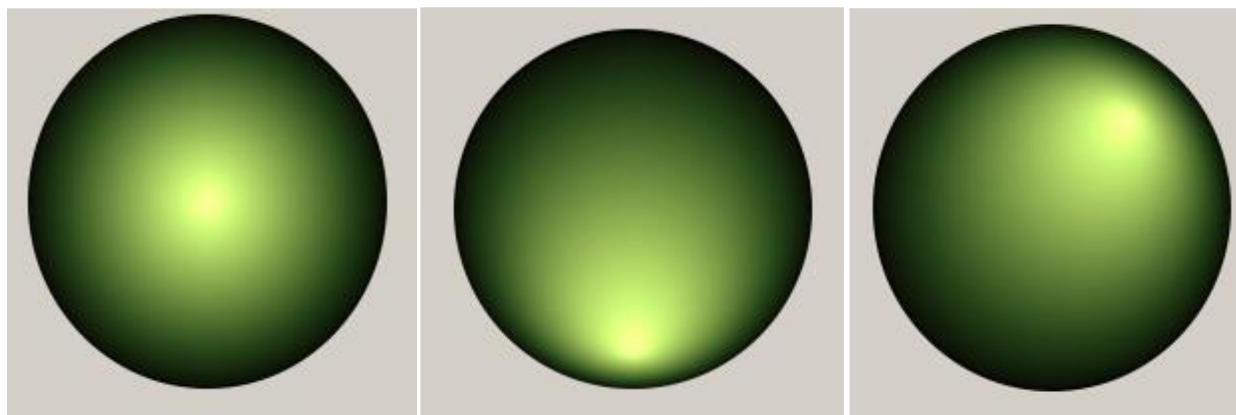
Η κύρια οθόνη στα δεξιά επιτρέπει την φόρτωση των αρχείων, την αποθήκευση των προβολών και την μετακίνηση της γωνίας εικονικού φωτισμού. Η κύρια οθόνη στα αριστερά, εμφανίζει την τρέχουσα εικόνα , σύμφωνα με τις αλλαγές που έχουν γίνει απο τον πίνακα ελέγχου.

- **Χρήση της επιλογής « πλοήγηση εικόνας » (image navigator):** μπορεί να γίνει έλεγχος τμήματος της εικόνας προβολής και της γωνίας του εικονικού φωτισμού (Εικ. 26) . Η επιλογή «διαχείριση φωτισμού» και η επιλογή « πλοήγηση εικόνας » στον πίνακα ελέγχου, επιτρέπουν να γίνονται αλλαγές , όπως, η αλλαγή του τρόπου προβολής με απευθείας χειρισμό της εικόνας στο κύριο πίνακα προβολής



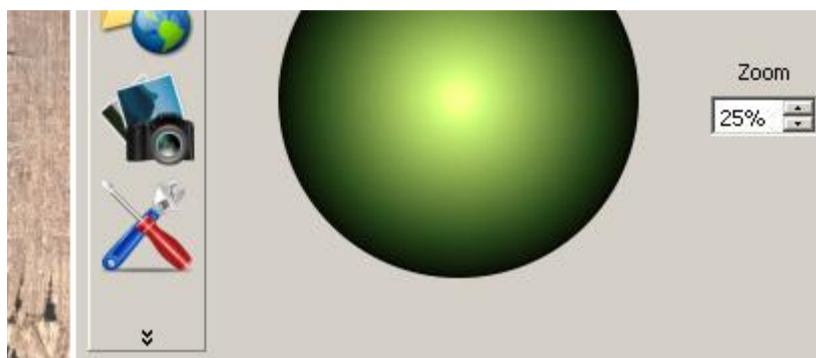
Εικόνα 26. Το κόκκινο τετράγωνο που είναι ζωγραφισμένο , δημιουργεί τα όρια της εικόνας που βλέπουμε στην κύρια οθόνη προβολής.

- **Χρήση της επιλογής « διαχείριση φωτισμού» (light controller) :** ο πράσινος κύκλος , ελέγχει την γωνία του εικονικού φωτισμού. Το φωτεινό σημείο , είναι η φωτεινή πηγή . Σέρνοντας το σημείο γύρω – γύρω, αλλάζει κάθε φορά η γωνία .



Εικόνα 27: Ο πράσινος κύκλος ελέγχει την γωνία του εικόνικου φωτισμού

Όταν η φωτεινή πηγή είναι στο κέντρο του θόλου , το εικόνικο φώς έρχεται απο ψηλά πάνω ακριβώς, πάνω στο αντικείμενο. Επιπρόσθετα, σέρνοντας τη φωτεινή πηγή στη κορυφή , στο κέντρο , δεξιά ή αριστερά ,το αντικείμενο, στην κύρια οθόνη προβολής , φωτίζεται υπό διαφορετική γωνία.



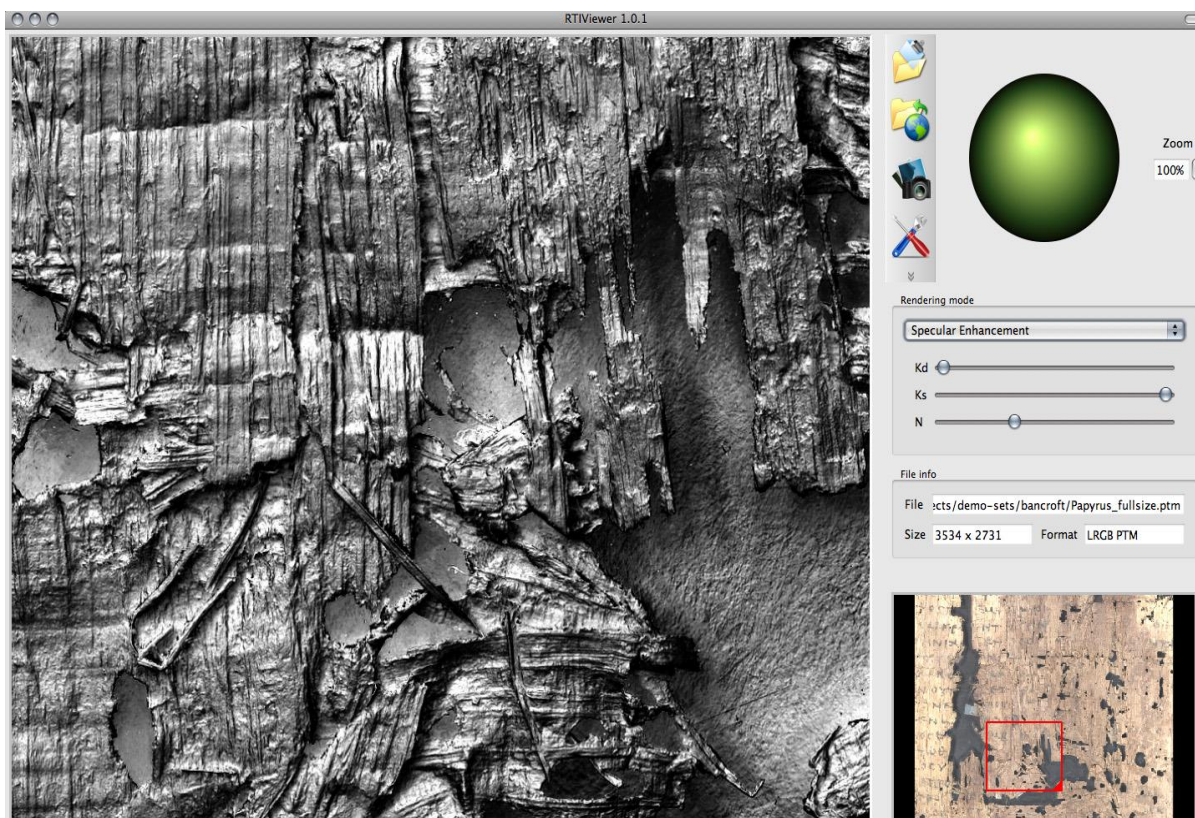
Εικόνα 28. Δίπλα απο την επιλογή « Διαχείριση φωτισμού», υπάρχει η επιλογή “Zoom” που επιτρέπει την μεγέθυνση της εικόνας.

- **Λειτουργίες απόδοσης (Rendering Modes)** : ενώ τα παραδοσιακά αρχεία εικόνων καταγράφουν μόνο τις πληροφορίες χρώματος για κάθε εικονοστοιχείο (pixel), το RTI επιπρόσθετα καταγράφει την κανονική επιφάνεια του αντικείμενου μαζί με τις RGB πληροφορίες για κάθε εικονοστοιχείο (Εικ. 29 , 30).

Κάθε « normal» επιφάνειας κωδικοποιείται μέσα στο RTI εικόνας με ένα συγκεκριμένο σημείο που ανταποκρίνεται στο αντικείμενο, καταγράφοντας την γωνία ανάκλασης του φωτισμού.

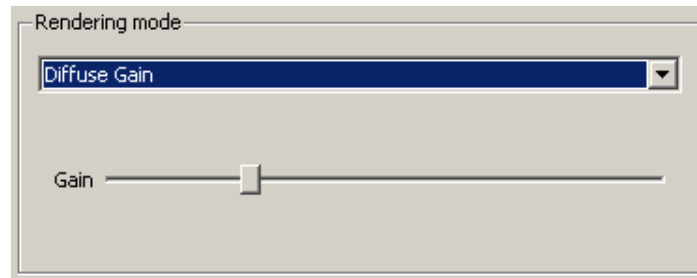
Τα «normals» παρέχουν ακριβείς πληροφορίες για κάθε σχήμα της επιφάνειας του αντικειμένου. Καθώς αλλάζει η κατεύθυνση της πηγής του εικονικού φωτισμού στο RTIViewer, η ανάκλαση δίνει την δυνατότητα να αντιλαμβάνεται ο χρήστης το αντικείμενο και στις τρεις του διαστάσεις.

Εφαρμογές όπως το Photoshop, μπορεί να ενισχύσει τις « παραδοσιακές » ψηφιακές εικόνες, με την εφαρμογή μετασχηματισμών στις χρωματικές πληροφορίες κάθε χρώματος . Διάφορα είδη μετασχηματισμών (π.χ φίλτρα ή εφέ), λαμβάνουν υπόψιν , τη σχέση μεταξύ των εικόνων για να βρουν τα άκρα, για να γίνει η εκτέλεση του sharpening ή του blurring .



Εικόνα28.Rendering Modes

3.3.1 Βασικές λειτουργίες απόδοσης (Rendering Modes) : η επιλογή του κατάλληλου Rendering mode επιτρέπει την μετατροπή τις πληροφορίας RTI σε εικόνα στην οθόνη. Κατα την επιλογή rendering mode, το UI παρέχει τους κατάλληλους ελέγχους, με τους οποίους καθορίζονται οι παράμετροι που θα χρησιμοποιηθούν.



Εικόνα 30. Rendering Modes

1. **Default:** παρουσιάζει το RTI χωρίς κανένα μαθηματικό μετασχηματισμό.



Εικόνα 31. Default

2. **Diffuse gain:** ενισχύει το μεταβαλλόμενο ύψος και βάθος της επιφάνειας του αντικείμενου. Η λειτουργία αυτή βελτιώνει την αντίληψη των χαρακτηριστικών της επιφάνειας του αντικείμενου.

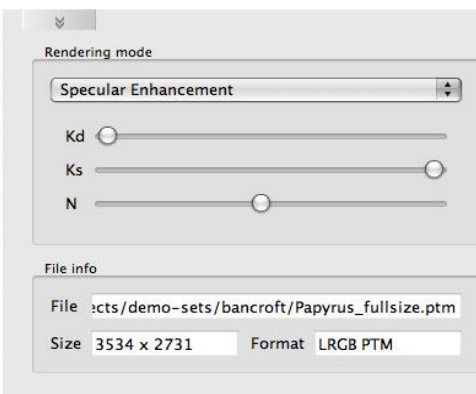
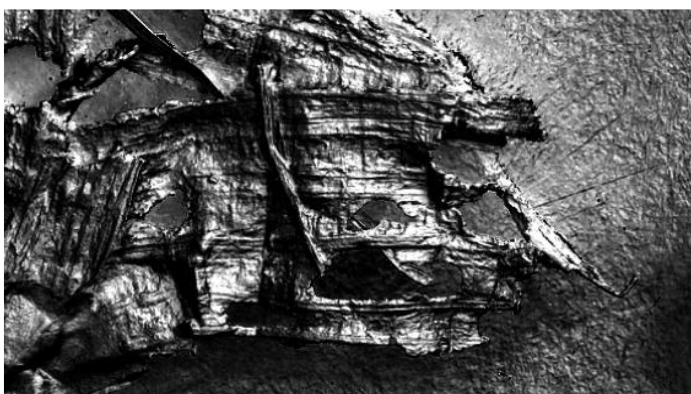


Εικόνα 32. Diffuse gain

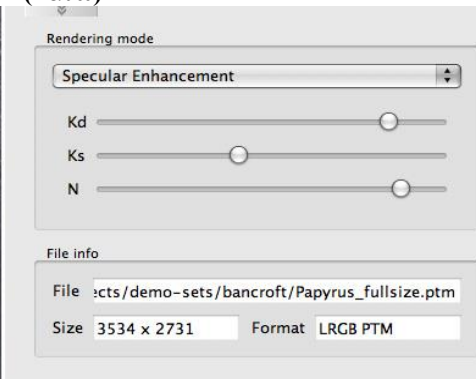
3. **Specular enhancement:** διαφορετικά αντικείμενα έχουν διαφορετικούς βαθμούς λαμψης. Αυτός ο αλγόριθμος χωρίζει το διάχυτο RGB χρώμα, το μέγεθος και την κατοπτρική ανάκλαση που προέρχεται από την επιφάνεια του σχήματος (Εικ. 33,34).

Εδώ υπάρχουν τρεις παράμετροι :

- **Kd:** ρυθμίζει το ποσοστό της διάχυτης πληροφορίας χρώματος του RGB. Όταν το Kd είναι 100 % και το Ks στο 0 % , τότε αποδίδεται το RGB χρώμα.
- **Ks :** ρυθμίζει το ποσοστό τις κατοπτρικής ανάκλασης που προέρχεται από την επιφάνεια του σχήματος του αντικειμένου και την αντανάκλαση της φωτεινής πηγής από οποιαδήποτε κατεύθυνση. Όταν το Ks είναι 100 % και το Kd 0 % αποδίδεται μόνο το εφέ που αντανακλάται από τις διαφορετικές κατευθύνσεις της φωτεινής πηγής.
- **N :** περιγράφει το μέγεθος της περιοχής , που καλύπτεται από την κατοπτρική αντανάκλαση. Μια χαμηλή τιμή N , αποδίδει μια ματ αντανάκλαση, ενώ μια υψηλή τιμή N αποδίδει μια γυαλιστερή αντανάκλαση.



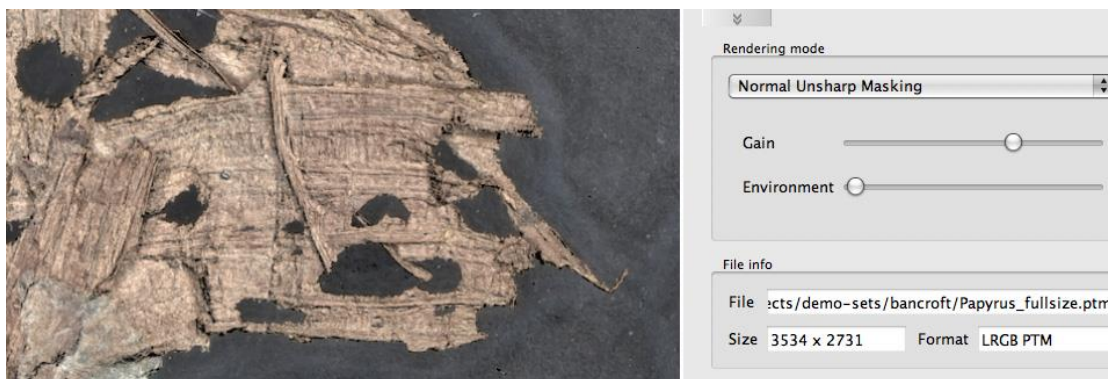
Εικόνα 33(πάνω), Εικόνα 34 (κάτω)



3.3.2 Sharpening modes : εδώ εφαρμόζεται μια μάσκα για την όξυνση των δεδομένων της εικόνας, προκειμένου να ενισχυθούν στοιχεία υψηλής συχνότητας και να αυξηθεί η αντίθεση της εικόνας. Αυτός ο αλγόριθμος, αναζητά ασυνέχειες στα αρχαιολογικά δεδομένα, που συνήθως γίνονται αντιληπτές από τις ακμές του αντικειμένου. Εφαρμόζοντας μια τέτοια μάσκα στο RTI, αποδίδονται απότομες αλλαγές στο βάθος και το χρώμα.

1. **Normal Unsharp Masking** : εφαρμογή μάσκας για την όξυνση της επιφάνειας. Δίνεται η επιλογή δύο παραμέτρων :

- **Gain**: ρυθμίζει το ποσοστό της ενίσχυσης
- **Environment**: ρυθμίζει την ποσότητα του έμμεσου φωτισμού.



Εικόνα 35. Normal Unsharp Masking

2. **Image Unsharp Masking** : Εφαρμόζει μια μάσκα όξυνσης στο κανάλι Y του χρωματικού χώρου YUV. Δίνεται η επιλογή μίας παραμέτρου :

- **Gain**: ρυθμίζει το ποσοστό της ενίσχυσης



Εικόνα 36. Image Unsharp Masking

3. **Luminance Unsharp Masking** : Εφαρμόζει μια μάσκα όξυνσης στη συνιστώσα της φωτεινότητας ενός LRGB PTM, δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε απλά αρχεία RGB, οι οποίες δεν περιλαμβάνουν δεδομένα φωτεινότητας. Δίνεται η επιλογή μίας παραμέτρου :

- **Gain**: ρυθμίζει το ποσοστό της ενίσχυσης



Εικόνα 37. Luminance Unsharp Masking

4. **Coefficient Unsharp Masking** : Εφαρμόζει μια μάσκα όξυνσης με τους συντελεστές του πολυωνύμου του PTM. Δίνεται η επιλογή μίας παραμέτρου :

- **Gain**: ρυθμίζει το ποσοστό της ενίσχυσης

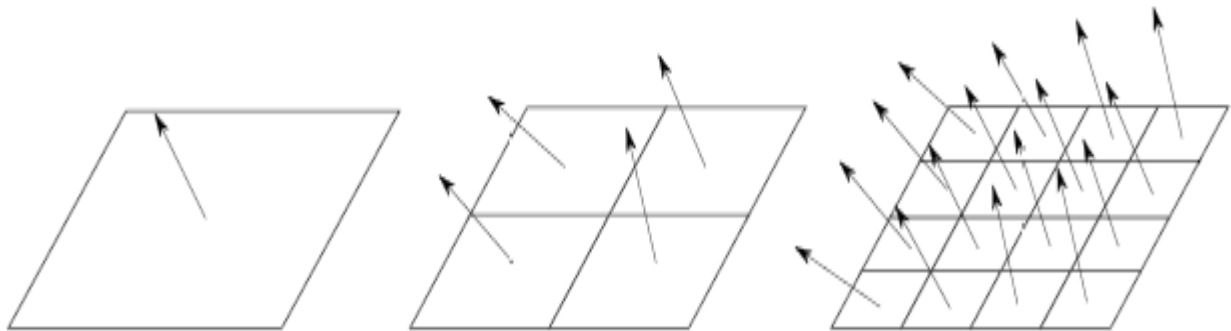


Εικόνα 38. Coefficient Unsharp Masking

3.3.3 Multi-light enhancement parameters : δίνεται η επιλογή για διαφορετικές γωνίες φωτισμού για τα μέρη μιας εικόνας , για να ενισχυθούν στοιχεία της επιφάνειας, όπως η ευκρίνεια και η φωτεινότητα.

Αν για παράδειγμα επιλεγεί μια χαμηλή τιμή , τότε μεγιστοποιείται η φωτεινή αντίθεση και περιοχές με βαθιά σκιά δεν θα δείχνουν καμία λεπτομέρεια .

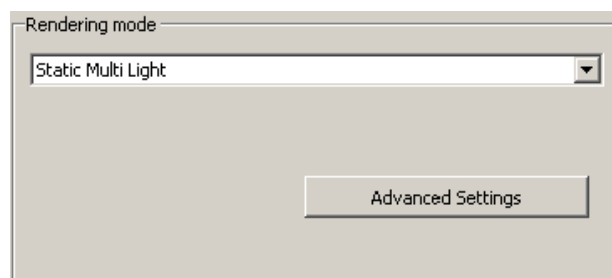
Αυτος ο αλγόριθμος μπορεί να προσθέσει λεπτομέρειες σε αυτές τις περιοχές , επιλέγοντας υψηλή γωνία φωτισμού για αυτές τις περιοχές , χωρίς να αλλάξει η γωνία φωτισμού σε περιοχές που είναι ήδη έντονες. Για να επιτευχθεί αυτό το αποτέλεσμα, ο αλγόριθμος υποδιαιρεί την εικόνα σε πλακίδια, στη συνέχεια, για κάθε πλακίδιο (Εικ. 39), επιλέγει μία κατεύθυνση που μεγιστοποιεί την επιλεγμένη ενέργεια λειτουργίας .



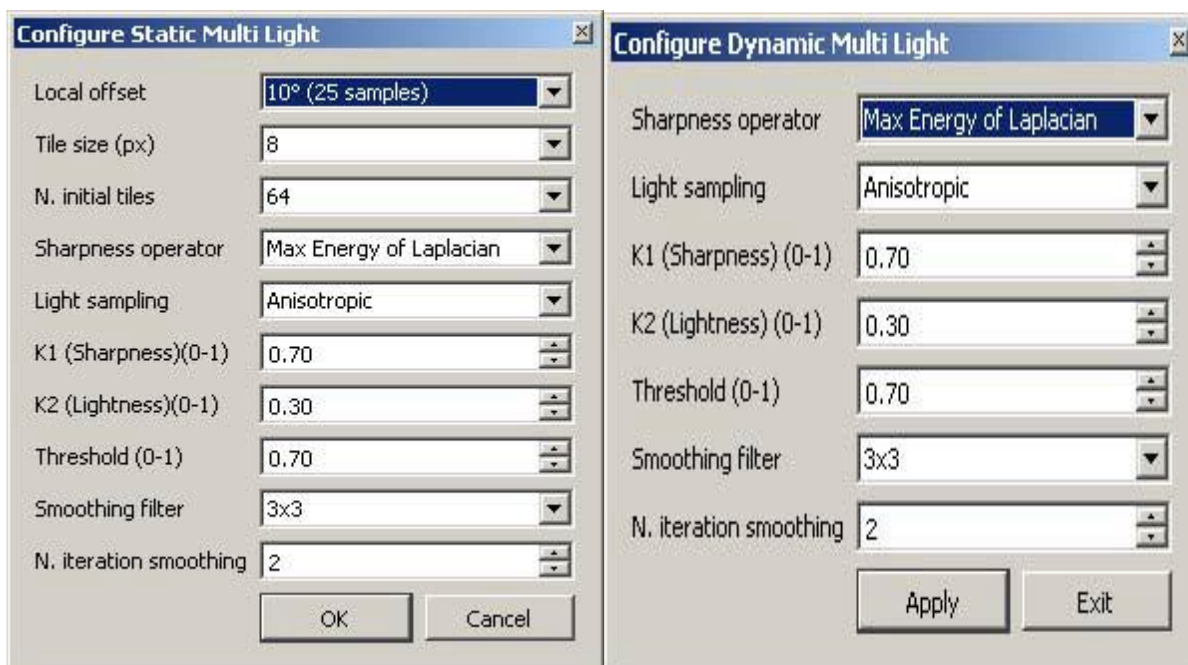
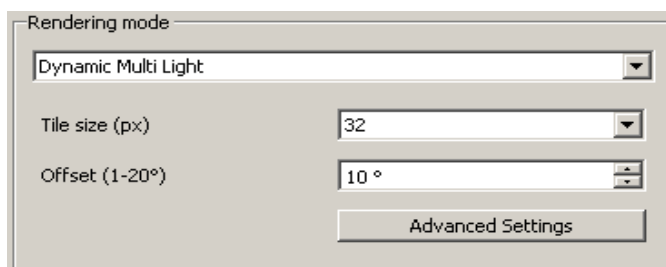
Εικόνα 39. Μοντέλο αλγορίθμου που υποδιαιρεί την εικόνα σε πλακίδια

Υπάρχει μια στατική κατάσταση, και μια δυναμική λειτουργία:

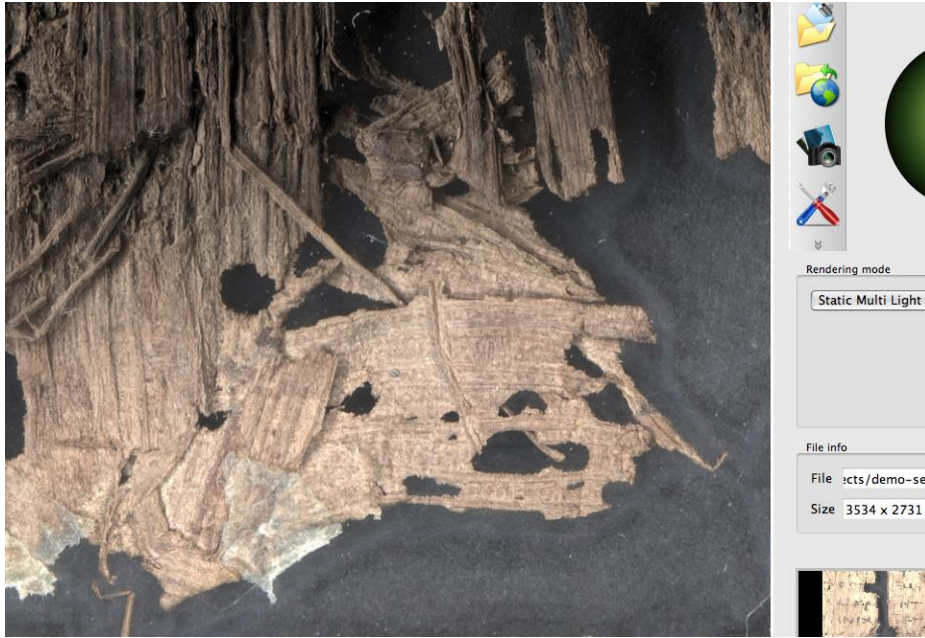
- Η στατική λειτουργία εφαρμόζει την απόδοση που έχει απο τα πριν επιλεγεί στην τρέχουσα προβολή.



- Η δυναμική λειτουργία εφαρμόζει αυτόματα την απόδοση. Αυτή η λειτουργία επιτρέπει τον πιο λεπτομερή έλεγχο, αλλά μπορεί επίσης να παράγει οπτικά αντικείμενα, όπου υπάρχουν μεγάλες διαφορές του φωτισμού σε όλη την εικόνα.



Οι παρακάτω εικόνες (Εικ. 40, 41) δείχνουν την εφαρμογή της στατικής και της δυναμικής λειτουργίας, για το ίδιο τμήμα, της ίδιας εικόνας με την αρχική γωνία φωτισμού



Εικόνα 40



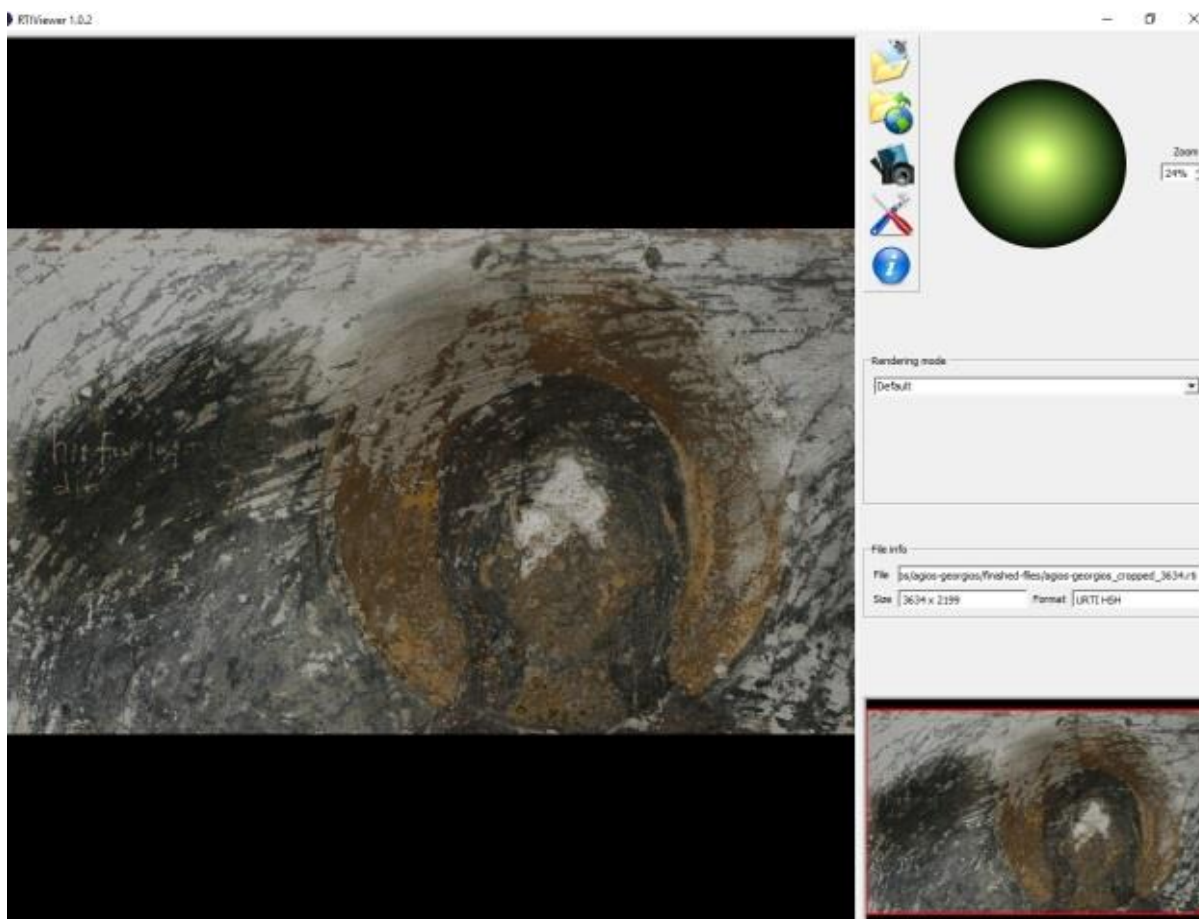
Εικόνα 41

Κεφάλαιο 4 : Εφαρμογή της μέθοδου τονισμού (Highlight RTI)

Σε αυτό το κεφάλαιο θα δείξουμε την εφαρμογή της μεθόδου του τονισμού **Highlight RTI** εξετάζοντας την, απο πειραματικές φωτογραφικές λήψεις επιφάνειας , στο εσωτερικό της Βυζαντινής Εκκλησίας του Αγίου Γεωργίου (περιοχή Αρώνι Χανίων) που βρίσκεται υπό ανακατασκευή και συντήρηση.

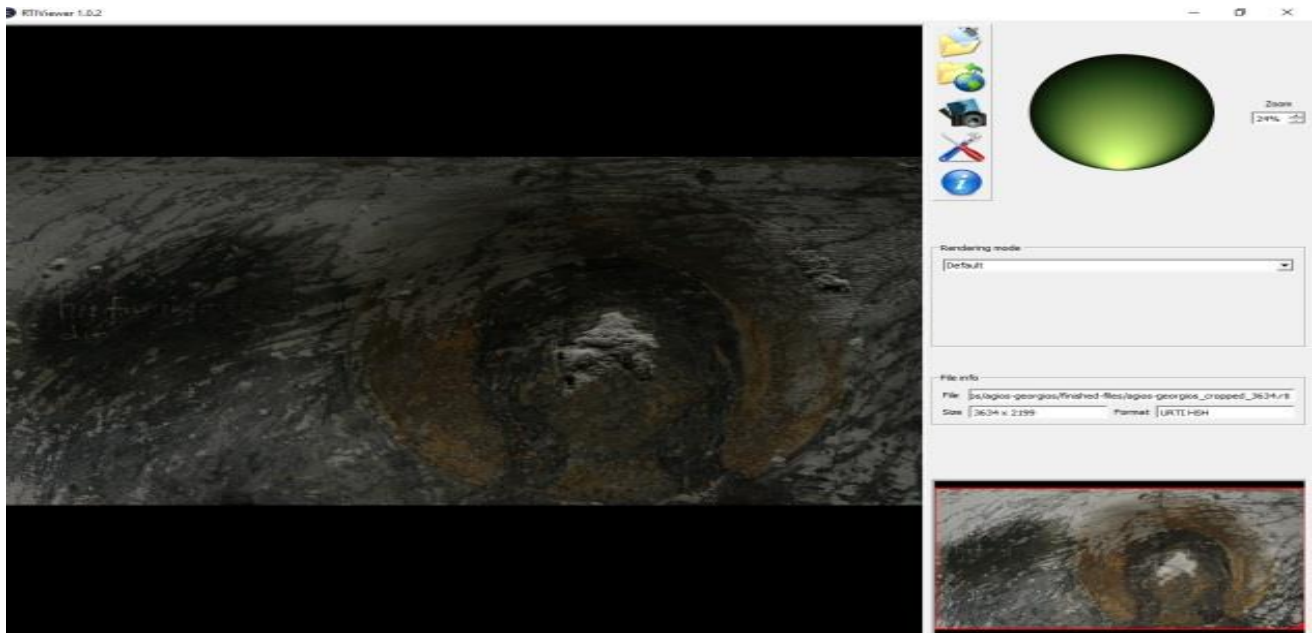
Αφού ακολουθήσαμε όλα τα βήματα που περιγράφονται στο Κεφάλαιο 3, ως προς την μεθοδολογία της εφαρμογής της μεθόδου του τονισμού **Highlight RTI**, τα αποτελέσματα μετά και την επεξεργασία στο RTIViewer μέσω των βασικών **Rendering modes**, είναι τα παρακάτω.

1. **Default:** Η εικόνα 42 παρουσιάζει την φωτογραφία ακριβώς μετά την σύλληψη, χωρίς καμία επεξεργασία και χωρίς κανένα μαθηματικό μετασχηματισμό.

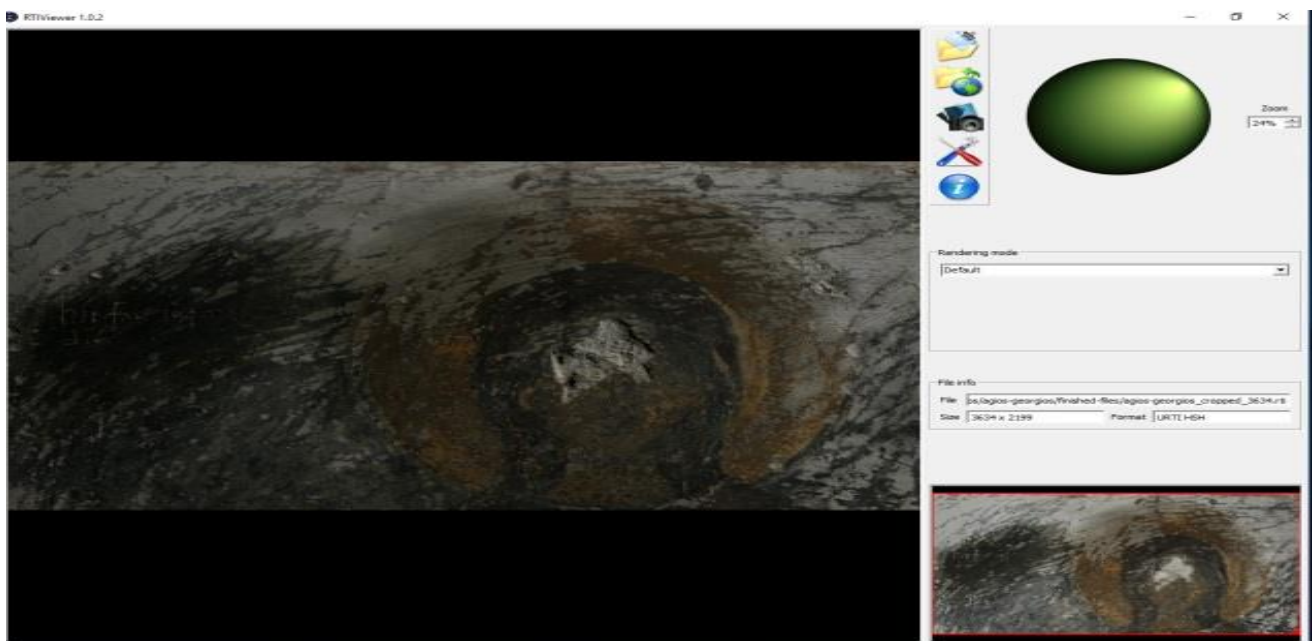


Εικόνα 42

Οι παρακάτω εικόνες 43 και 44 παρουσιάζουν την διαφορά αλλαγής φωτισμού του αντικειμένου, υπο διαφορετική γωνία, κάτι το οποίο όπως περιγράφεται παραπάνω , πραγματοποιείται με την επιλογή του **light controller** (ο πράσινος κύκλος ελέγχει την γωνία του εικόνικου φωτισμού).



Εικόνα 43



Εικόνα 44

Στην **εικόνα 45** μπορούμε να παρατηρήσουμε καλύτερα , τις αλλαγές της γωνίας φωτισμού πάνω στο αντικείμενο. Έχοντας εστιάσει στο συγκεκριμένο σημείο (**εικόνα 46**) , όπου η φθορά του χρόνου είναι πιο εμφανής , μπορούμε να κάνουμε μια πρώτη εκτίμηση για το βάθος της φθοράς .



Εικόνα 45



Εικόνα 46

Αξίζει να σημειώσουμε πως , η επιλογή της κατεύθυνσης του εικονικού φωτισμού μας δίνει διαφορετικές πληροφορίες κάθε φορά. Για παράδειγμα , οι πληροφορίες που αντλούμε απο την **εικόνα 46** σε σχέση με την κατεύθυνση του εικονικού φωτισμού πάνω στο αντικείμενο, μας δίνει πληροφορίες για το πάνω μέρος της φθοράς του αντικειμένου, μιας και η εικόνα φωτίζεται καλύτερα σε αυτό το σημείο.

Σε αντίθεση με την **εικόνα 47** , όπου οι πληροφορίες που μας δίνει ο εικονικός φωτισμός είναι για το αριστερό μέρος , της κύριας φθοράς του αντικειμένου.

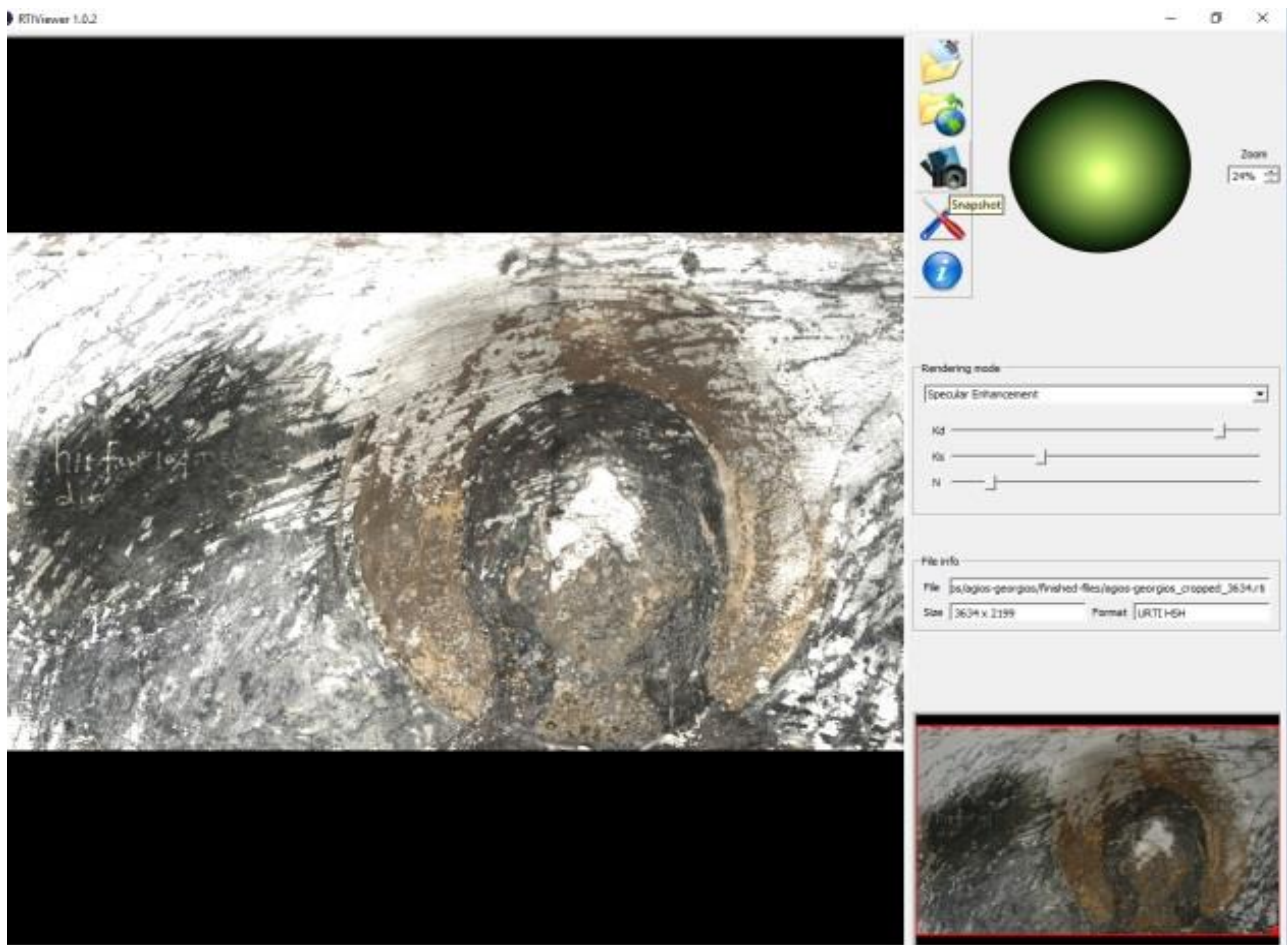


Εικόνα 47

2. **Specular enhancement:** διαφορετικά αντικείμενα έχουν διαφορετικούς βαθμούς λαμψης. Αυτός ο αλγόριθμος χωρίζει το διάχυτο RGB χρώμα, το μέγεθος και την κατοπτρική ανάκλαση που προέρχεται από την επιφάνεια του σχήματος.

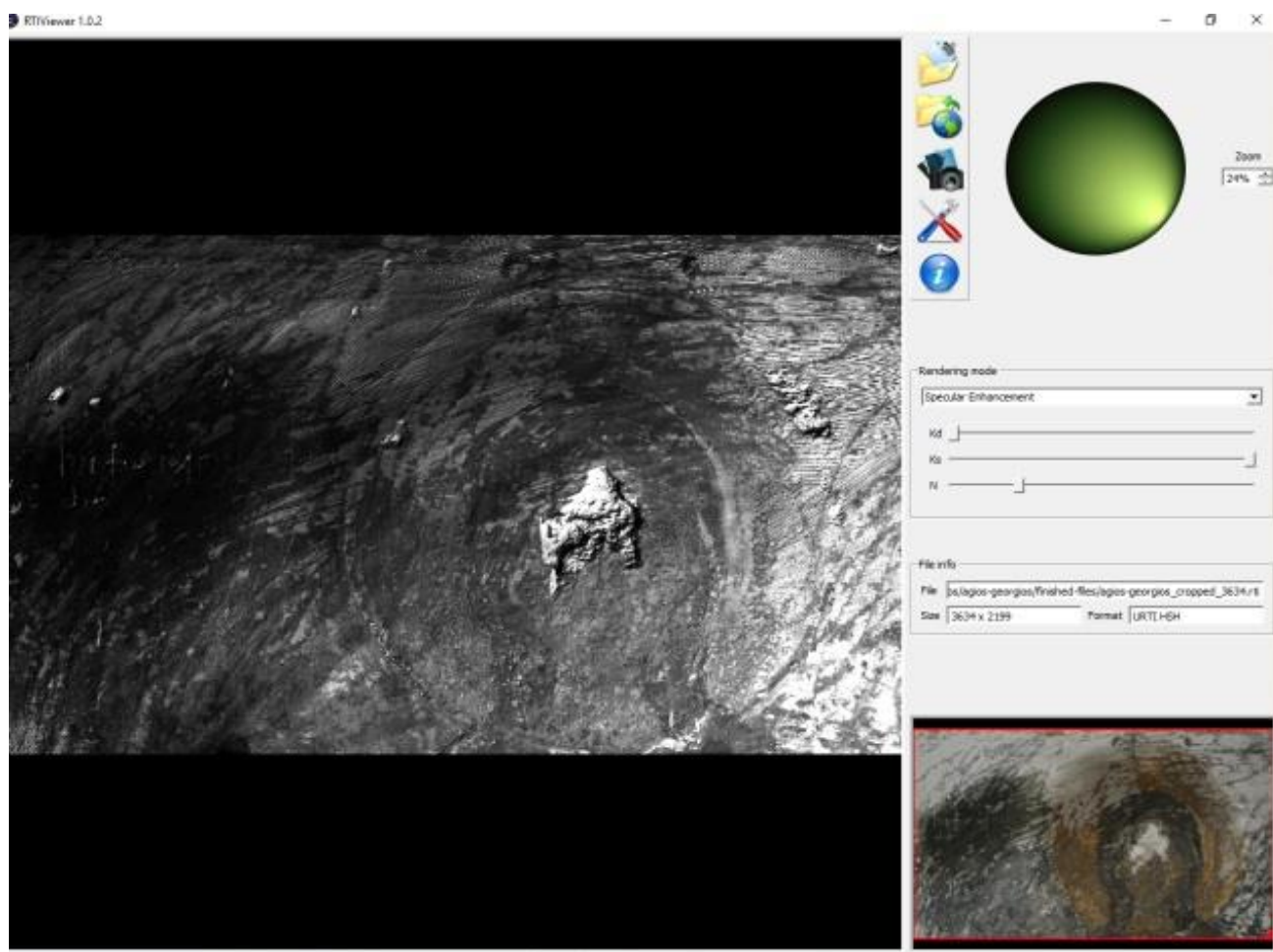
Εδώ όπως αναφέρεται και στο Κεφάλαιο 3 υπάρχουν τρεις παράμετροι :

- 1) **Kd:** ρυθμίζει το ποσοστό της διάχυτης πληροφορίας χρώματος του RGB. Όταν το Kd είναι 100 % και το Ks στο 0 % , τότε αποδίδεται το RGB χρώμα (**Εικόνα 48**) .



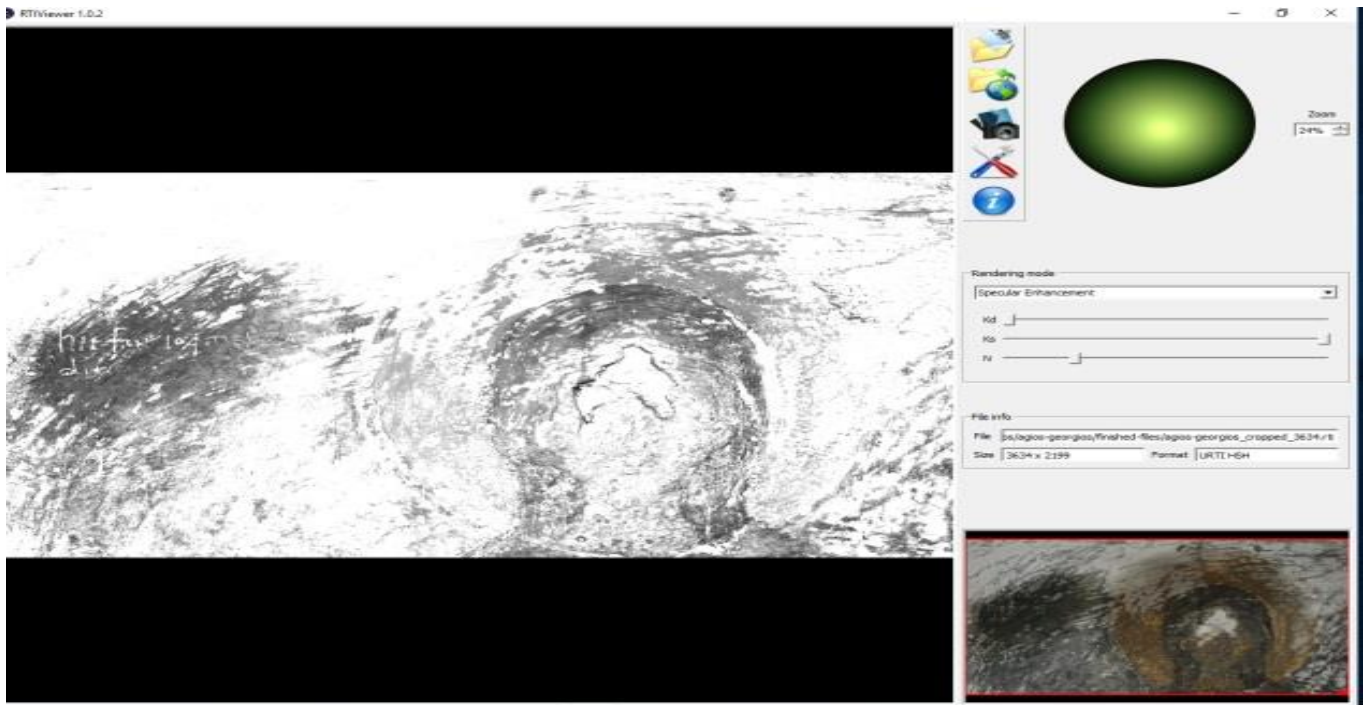
Εικόνα 48

2) K_s : ρυθμίζει το ποσοστό τις κατοπτρικής ανάκλασης που προέρχεται απο την επιφάνεια του σχήματος του αντικειμένου και την αντανάκλαση της φωτεινής πηγής απο οποιαδήποτε κατεύθυνση. Όταν το K_s είναι 100 % και το K_d 0 % αποδίδεται μόνο το εφέ που αντανακλάται απο τις διαφορετικές κατευθύνσεις της φωτεινής πηγής (Εικόνα 49) .



Εικόνα 49

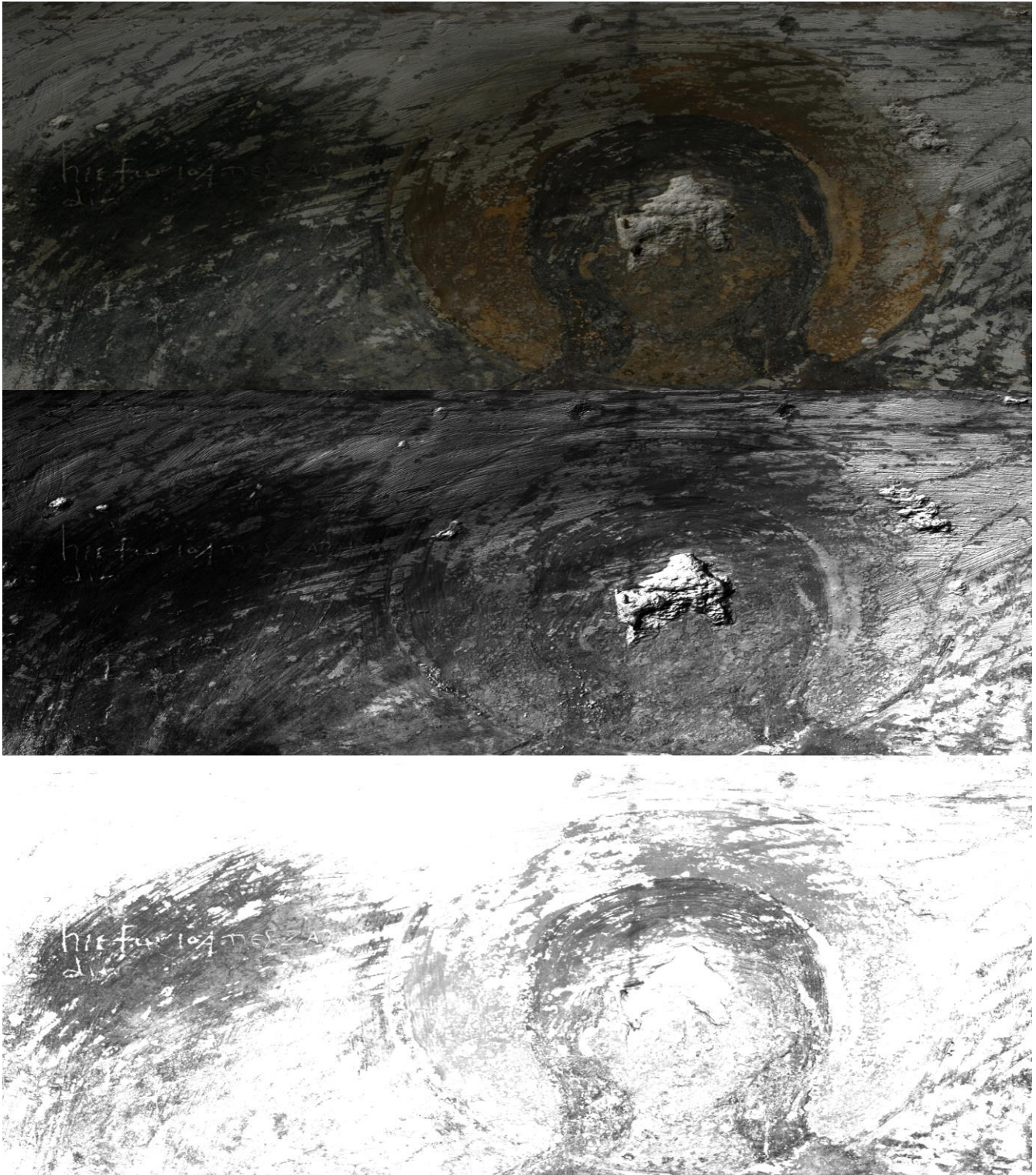
3) N : περιγράφει το μέγεθος της περιοχής , που καλύπτεται απο την κατοπτρική αντανάκλαση. Μια χαμηλή τιμή N (Εικόνα 50) , αποδίδει μια ματ αντανάκλαση, ενώ μια υψηλή τιμή N (Εικόνα 51) αποδίδει μια γυαλιστερή αντανάκλαση.



Εικόνα 50

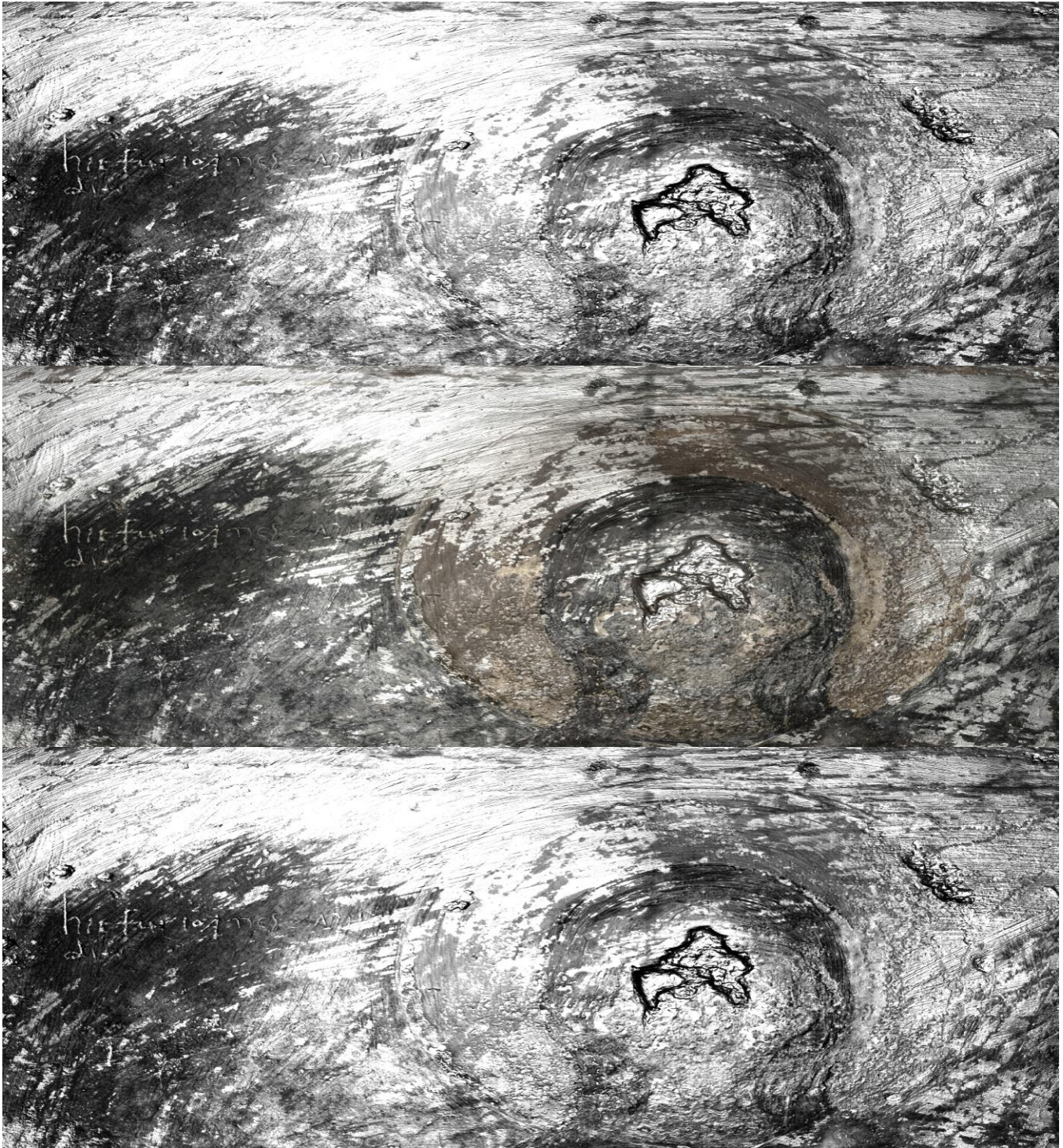


Εικόνα 51



Εικόνα 52

Αλληλουχία εικόνων από χαμηλές τιμές N, δηλαδή κατοπτρικής αναντανάκλαση



Εικόνα 53

Αλληλουχία εικόνων από υψηλές τιμές N, δηλαδή κατοπτρικής αναντανάκλαση

4.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη μέθοδο του τονισμού τα δεδομένα υπολογίζονται εξ' ολοκλήρου από το πρόγραμμα, βάσει των αντανάκλασεων της φωτιστικής πηγής στην στιλπνή σφαίρα, συνεπώς η λήψη και η επεξεργασία τους είναι πιο χρονοβόρα και απαιτεί ακρίβεια. Μπορεί όμως να εφαρμοστεί ανεξάρτητα από το μέγεθος των αντικειμένων χωρίς καμία ειδική συνδεσμολογία. Για μια απλή εφαρμογή ο απαραίτητος εξοπλισμός περιλαμβάνει μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή, ένα τρίποδο, μια φωτιστική πηγή και τουλάχιστον δυο στιλπνές σφαίρες.

Η εφαρμογή του RTI δίνει τη δυνατότητα μιας γενικής επισκόπησης της συμβολής της τεχνικής στην μελέτη αρχαιολογικών αντικειμένων.

Πιο συγκεκριμένα το RTI:

1. είναι μια προηγμένη, αποτελεσματική και προσιτή μέθοδος καταγραφής
2. καλύπτει τις ανάγκες επικοινωνίας, διάδοσης και παρουσίας, καθώς τα ψηφιακά αρχεία που δημιουργούνται μπορούν να δημοσιευθούν μέσω διαδικτύου
3. βοηθά στη διερεύνηση της βιογραφίας των αντικειμένων, επιτρέπει δηλαδή την εξέταση των τεχνικών κατασκευής, της χρήσης, της κατάστασης διατήρησης και των προηγούμενων επεμβάσεων συντήρησης
4. συμβάλλει σημαντικά στην προληπτική συντήρηση, εφόσον ελέγχονται οι περιβαλλοντικές συνθήκες, ενώ περιορίζεται η επαφή με τα ευρήματα, η οποία αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες φθοράς. Άλλωστε, και διεθνώς υπάρχει η τάση για περιορισμό της φυσικής επαφής με τα αντικείμενα.

Βιβλιογραφία

ADAM Technology website (accessed January 2008).

Berns, R.S., Frey, F.S., Rosen, M.R., Smoyer, E.P.M., Taplin, L.A. 2005. Direct Digital Capture of Cultural Heritage Benchmarking American Museum Practices and Defining Future Needs - Project Report, *MCSL Technical Report*.

CIDOC Conceptual Referenc Model (accessed January 2008)

EPOCH Webservice (accessed January 2008)

Hermon, S. Nikodem, J., Perlingieri, C., 2006 Deconstructing theVR – Data Transparency, Quantified Uncertainty and Reliability of 3D Models, *Proceedings of the 7th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST2006)*, pg 123-129

Zhao J., Goble C., Greenwood M., Wroe C., Stevens R., 2003. Annotating, linking, and browsing provenance logs for e-science. *Proceedings of the Workshop on Semantic Web Technologies for Searching and Retrieving Scientific Data*, October 2003.

Fisher, J., Faraboschi, P., Young, C., *Embedded Computing: A VLIW Approach to Architecture, Compilers and Tools*, Elsevier Press, 2004, ISBN 978-1-55860-776-8.

Freeth, T., Bitsakis, X., Moussas, J., Seiradakis, A., Tselikas, A., Mangou, H., Zafeiropoulou, M., Hadland, R., Bate, D., Ramsey, A., Allen, M., Crawley, A., Hockley, P., Malzbender, T., Gelb, D., Abrisco, W., Edmunds, M., “Decoding the Ancient Greek Astronomical Calculator known as the Antikythera Mechanism”, *Nature*, Vol. 444, Nov. 30th, 2006, pp.587-591

Hammer, O., Bengtson, S., Malzbender, T., Gelb, D., “Imaging Fossils Using Reflectance Transformation and Interactive Manipulation of Virtual Light Sources”, *Palaeontologia Electronica*, August 23, 2002. Appears at http://palaeo-electronica.org/2002_1/fossils/issue1_02.htm

Padfield, J., Saunders, D., Malzbender, T., “Polynomial Texture Mapping: A New Tool for Examining the Surface of Paintings”, *ICOM Committee for Conservation, 2005, Vol. 1*, pp. 504 – 510.

Malzbender, T., Gelb, D., Wolters, H., Polynomial Texture Maps, *Proceedings of ACM Siggraph2001*, pp. 519-528.

Malzbender, T., Wilburn, B., Gelb, D., Ambrisco, B., “Surface Enhancement Using Real-Time Photometric Stereo and Reflectance Transformation”, *Eurographics Symposium on Rendering 2006*, Nicosia, Cyprus, June 26-28, 2006.

<http://CulturalHeritageImaging.org>.

<http://culturalheritageimaging.org/Technologies/Overview/>

<http://culturalheritageimaging.org/Technologies/RTI/>

<http://www.hpl.hp.com/research/ptm/downloads/agreement.html>

http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/Capture/index.html

http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/rti_kits.html

http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/Process/index.html

<http://www.caa-gr.org/?q=el/content/%CE%B7-%CE%B1%CF%80%CE%B5%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%B1%CF%83%CF%87%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%8D%CE%B1%CE%BD%CE%AC%CE%BA%CE%BB%CE%B1%CF%83%CE%B7%CF%82-reflectance-transformation-imaging-rti-%CE%BA%CE%B1%CE%B9>