



Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Τμήμα Πολιτιστικής Τεχνολογίας & Επικοινωνίας
ΠΜΣ 'Πολιτισμική Πληροφορική'



«ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΟΣ ΜΝΗΜΕΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΧΩΡΟΥ ΤΟΥ, ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ GIS,
ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΩΝ ΓΡΑΦΙΚΩΝ: Η ΜΟΝΗ ΑΓΙΟΥ ΙΩΑΝΝΗ
ΘΕΟΛΟΓΟΥ ΥΨΗΛΟΥ ΣΤΗ ΛΕΣΒΟ»

Τσουρής Ελευθέριος - Φωτεινός

Μυτιλήνη
Σεπτέμβριος 2007

Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Τμήμα Πολιτιστικής Τεχνολογίας & Επικοινωνίας
ΠΜΣ 'Πολιτισμική Πληροφορική'

«ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΟΣ ΜΝΗΜΕΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΧΩΡΟΥ ΤΟΥ, ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ GIS,
ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΩΝ ΓΡΑΦΙΚΩΝ: Η ΜΟΝΗ ΑΓΙΟΥ ΙΩΑΝΝΗ
ΘΕΟΛΟΓΟΥ ΥΨΗΛΟΥ ΣΤΗ ΛΕΣΒΟ»

Η μεταπτυχιακή εργασία του Ελευθέριου Τσουρή για την απόκτηση Διπλώματος Ειδίκευσης στην Πολιτισμική Πληροφορική, τυπώθηκε στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου σε 7 αντίτυπα και βιβλιοδετήθηκε στην Καβάλα από την Οργανωτική Ο.Ε.

Επιβλέπων, μέλος τριμελούς επιτροπής: δρ. Γεράσιμος Παυλογεωργάτος,
λέκτορας Τ.Π.Τ.Ε.

Συνεπιβλέπων: Βαγγέλης Χριστοδούλου, *εξωτερικός συνεργάτης Τ.Π.Τ.Ε.*

Μέλος τριμελούς επιτροπής: δρ. Χρήστος Αναγνωστόπουλος, *λέκτορας Τ.Π.Τ.Ε.*

Μέλος τριμελούς επιτροπής: δρ. Σουλακέλλης Νικόλαος, *αναπληρωτής καθηγητής
Τμήμα Γεωγραφίας*

Τσουρήs Ελευθέριος - Φωτεινός

Μυτιλήνη
Σεπτέμβριος 2007

Στη Μαρία

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Μνημείο. Μια κατασκευή που υπάρχει για να συμβολίζει ή να θυμίζει. Η ετυμολογία της λέξης μνημείο προέρχεται από το αρχαίο ρήμα μνηνίσκω, το οποίο σημαίνει θυμάμαι. Το Αιγαίο, είναι κατάσπαρτο από αναρίθμητα μνημεία από το 3000 π.Χ., που είτε στο φυσικό τους χώρο είτε σε μουσεία, υπάρχουν για να μας θυμίζουν το παρελθόν μας, την κληρονομιά μας.

Η παρούσα εργασία αποτελεί προσπάθεια οπτικοποίησης ενός μνημείου, το οποίο στέκει στην κορυφή ενός λόφου του Όρους Όρδυμος, την Μονή Αγίου Ιωάννη Θεολόγου του Υψηλού.

Ευχαριστίες οφείλονται σε όλους όσους με βοήθησαν να φέρω εις πέρας την εργασία αυτή, προπάντων τον επιβλέποντα καθηγητή μου λέκτορα Γεράσιμο Παυλογεωργάτο, τον αναπληρωτή καθηγητή Νίκο Σουλακέλλη, τον επίκουρο καθηγητή Γιώργο Σιδηρόπουλο, την επίκουρο καθηγήτρια Ειρήνη Στάθη για τις πολύτιμες «κινηματογραφικές» συμβουλές της, τον Απόστολο Παπακωνσταντίνου, τους γονείς μου για τις πολύτιμες φιλολογικές και εννοιολογικές διορθώσεις, την Μαρία, τον υπεύθυνο του Εργαστηρίου Επεξεργασίας Ψηφιακού Βίντεο Αλέξανδρο Σπάθη, τον αρχιτέκτονα και συνάδελφο γεωγράφο Γιώργο Τάταρη, τον Θεόφιλο Καπετάνιο για την εξαιρετική φωνή του και το χρόνο που μου αφιέρωσε, τον Χρήστο Καλλονιάτη, τον Βαγγέλη Χριστοδούλου που συνεπέβλεψε και συμβούλευσε.

Ελευθέριος Τσουρής, Μυτιλήνη Σεπτέμβριος 2007

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

«Δημιουργία ψηφιακής οπτικοποίησης ενός μνημείου και του περιβάλλοντος χώρου του, με χρήση δεδομένων GIS, τηλεπισκόπησης και τρισδιάστατων γραφικών: Η μονή Αγίου Ιωάννη Θεολόγου του Υψηλού στη Λέσβο»

Ο στόχος της παρούσας εργασίας, είναι να δημιουργηθεί μία ψηφιακή οπτικοποίηση της μονής Αγίου Ιωάννου Θεολόγου του Υψηλού στην Λέσβο μέσω ενοποιημένων διαδικασιών σε τρία επιστημονικά / μεθοδολογικά πεδία. Τα πεδία αυτά είναι τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, η τηλεπισκόπηση και τα τρισδιάστατα γραφικά.

Χρησιμοποιώντας ψηφιακά και μη δεδομένα του χώρου γύρω από το μοναστήρι αλλά και μοντελοποιώντας το ίδιο το μοναστήρι με φωτογραμμετρική αποτύπωση και τρισδιάστατα γραφικά, προέκυψε μία οπτικοποίηση του ίδιου και του περιβάλλοντος χώρου του.

Πιο συγκεκριμένα, τοπογραφικά δεδομένα της περιοχής ψηφιοποιήθηκαν ούτως ώστε να παραχθεί μοντέλο αναγλύφου της περιοχής, το οποίο εισήχθη και παραμετροποιήθηκε μαζί με τηλεπισκοπικά δεδομένα της περιοχής μελέτης, σε λογισμικό επεξεργασίας Τρισδιάστατων Γραφικών. Παράλληλα, κατασκευάστηκε τρισδιάστατο μοντέλο του μοναστηριού, και μοντέλα των στοιχείων του τοπίου γύρω από αυτό. Δημιουργήθηκαν οι κατάλληλες συνθήκες φωτισμού και ατμόσφαιρας και η σκηνή εξήχθη σε βίντεο. Τέλος, δημιουργήθηκε σε λογισμικό για μοντάζ βίντεο και ήχου, μία μικρού μήκους ταινία για το μοναστήρι με ορισμένο σενάριο.

ABSTRACT

«Creation of a digital visualization of a monument and its surrounding environment, with use of GIS, remote sensing and 3D graphics: the monastery of St. John the Ipsilos in Lesvos island»

The aim of the present thesis is to create a digital visualization the Monastery of St. John the Ipsilos in Lesvos, via unified processes of three scientific / methodological fields. These fields are Geographic Information Systems, Remote Sensing and Three Dimensional Graphics.

Using digital and analog data of the space and landscape around the monastery together with modeling the monastery with photogrammetry and 3D graphics emerged a visualization of the latter and its surrounding environment.

To be more specific, topographic data of the study field were digitized so that a Digital Terrain Model could be produced. The latter, was processed and together with remote sensing data of the study region, were imported in a 3D modeling software. During the same time, a 3D model of the Monastery was build, along with various elements of the surrounding landscape. The following step was to produce the proper lighting and atmosphere conditions, and to export the scene in video format. The last step was to create in video and sound montage software, a small - duration movie with a certain scenario, concerning the Monastery.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	I
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	II
ABSTRACT	III
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	IV
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	VII
ΜΕΡΟΣ 1^ο - ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ	1
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2
1.1 Σκοπός της Εργασίας	2
1.2 Δομή της Εργασίας.....	2
1.3 Το μοναστήρι Αγίου Ιωάννη Θεολόγου του Υψηλού	3
1.3.1 Συνοπτική ιστορία της μονής	3
1.3.2 Παρούσα κατάσταση της μονής.....	3
2. ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ, Γ.Σ.Π. ΚΑΙ 3D ΓΡΑΦΙΚΑ	5
2.1 Οπτικοποίηση	5
2.2 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π – GIS).....	5
2.2.1 Μοντέλα αναγλύφου (DEM, DTM).....	6
2.3 Τρισδιάστατα γραφικά (3D Graphics)	7
2.4 Μέθοδοι κατασκευής 3D μοντέλων μνημείων	7
3. ΠΕΡΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ	11
3.1 Περί πολιτισμικής κληρονομιάς.....	11
3.2 Πολιτισμική κληρονομιά και Γ.Σ.Π.	11
3.3 Πολιτισμική κληρονομιά και 3D Γραφικά.....	12
ΜΕΡΟΣ 2^ο - ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	14
4. ΔΕΔΟΜΕΝΑ	15
4.1 Δεδομένα της περιοχής Μελέτης.....	15
4.1.1 Τοπογραφικά - τηλεπισκοπικά δεδομένα	15
4.1.2 Αρχιτεκτονικά δεδομένα	15

4.1.3 Εικόνα - βίντεο	15
4.1.4 Άλλα δεδομένα	16
4.2 Λογισμικά επεξεργασίας	16
4.2.1 GIS - ESRI ArcGIS	16
4.2.2 3D - MAXON Cinema 4D	17
4.2.3 PhotoModeler	17
4.2.4 Βίντεο / Ήχος - Adobe Premiere Pro / Sony Soundforge.....	17
5. ΜΕΘΟΔΟΙ	19
5.1 Κατασκευή του DTM της περιοχής μελέτης.....	19
5.2 Κατασκευή του 3D μοντέλου του μοναστηριακού συγκροτήματος της μονής Υψηλού	19
5.2.1 Φωτογραμμετρική αποτύπωση των κτιρίων του συγκροτήματος.....	27
5.2.2 Εισαγωγή των μοντέλων σε λογισμικό 3D και ολοκλήρωση της μοντελοποίησης	27
5.2.3 Κατασκευή των μοντέλων απευθείας σε περιβάλλον επεξεργασίας 3D γραφικών	28
5.2.4 Απόδοση υφής (texture mapping)	28
5.3 Εισαγωγή του μοντέλου αναγλύφου σε περιβάλλον λογισμικού 3D	23
5.4 Υπέρθηση του μοντέλου του μνημείου στο μοντέλο Αναγλύφου	24
5.5 Φωτισμός της σκηνής	25
5.6 Ατμόσφαιρα	26
5.7 Στοιχεία και αντικείμενα τοπίου.....	26
5.7.1 Χλωρίδα - 3D μοντέλα βλάστησης	27
5.7.2 Πανίδα - 3D μοντέλα ζώων / πουλιών / ανθρώπων	27
5.7.3 Οδικό δίκτυο	28
5.7.4 Κτίρια - κατασκευές - οχήματα.....	28
5.7.5 Φωτορεαλισμός.....	29
5.8 Σχεδιοκίνηση (Animation).....	30
5.8.1 Πορεία κάμερας (Camera path).....	30
5.8.2 Rendering, εξαγωγή εικόνων και συμπίεση βίντεο	30
5.9 Μικρού μήκους ταινία	31
5.10 Διάγραμμα υλοποίησης της εργασίας	31
ΜΕΡΟΣ 3^ο - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	32
6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	33

6.1 Αποτελέσματα.....	33
6.2 Προβλήματα.....	39
6.3 Αξιολόγηση - Συμπεράσματα	41
6.4 Προοπτικές.....	47
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	48
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	50

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΩΝ

Εικόνα 1: Constructive Solid Geometry: λογικές πράξεις άλγεβρας Boolean (πηγή: www.wikipedia.org).....	8
Εικόνα 2: Αποτελέσματα φωτογραμμετρικής αποτύπωσης ενός κουτιού παυσιπόνων.....	18
Εικόνα 3: Σταυρός του κοιμητηρίου της μονής. Στα δεξιά η φωτογραμμετρική αποτύπωση, στα αριστερά η πραγματική φωτογραφία..	20
Εικόνα 4: Εμπρόσθια (δυτική) όψη του μοντελοποιημένου καθολικού του μοναστηριού.....	22
Εικόνα 5: Λεπτομέρεια του Μοντέλου Αναγλύφου αφότου εισήχθη στο λογισμικό επεξεργασίας 3D.....	24
Εικόνα 6: Παράδειγμα τοποθέτησης αντικειμένου (δέντρου) στο ανάγλυφο (το ίδιο δέντρο σε μακρινό και κοντινό πλάνο).....	27
Εικόνα 7: Σύγκριση του οδικού δικτύου σε περιοχή με ψηφιοποιημένες ισούψεις ανά 20m και ανά 4m.....	29
Εικόνα 8: Το Καθολικό του μοναστηριού (Άγιος Ιωάννης Θεολόγος).....	34
Εικόνα 9: Το ένα κωδωνοστάσιο του μοναστηριού.....	35
Εικόνα 10: Η πρώτη στάνη του μοναστηριού.....	35
Εικόνα 11: Το κοιμητηριακό παρεκκλήσι των Αγίων Πάντων.....	36
Εικόνα 12: Το κτίριο «1», αποθήκες.....	36
Εικόνα 13: Το κτίριο «2», ξενώνας του μοναστηριού.....	37
Εικόνα 14: Το κτίριο «3», βοηθητικό κτίριο και αποθήκη.....	37
Εικόνα 15: Το κτίριο «4», βοηθητικό κτίριο και αποθήκη.....	38
Εικόνα 16: Η δεύτερη στάνη του μοναστηριού.....	38
Εικόνα 17: Η τρίτη στάνη του μοναστηριού.....	39
Εικόνα 18: Ο μοναστηριακός περίβολος και εντός αυτού το Καθολικό του Αγίου Ιωάννη του Θεολόγου.....	39
Εικόνα 19: Πρόβλημα που δημιουργήθηκε από την εμφάνιση περιττού σημείου κατά την μοντελοποίηση του καθολικού (εντός της κόκκινης διαφανούς έλλειψης).....	43
Εικόνα 20: Πρόβλημα που δημιουργήθηκε από την εμφάνιση περιττών σημείων κατά την μοντελοποίηση του κωδωνοστασίου (εντός των κόκκινων διαφανών ελλείψεων).....	43

<i>Εικόνα 21:</i> Το πρόβλημα της κάλυψης των επιφανειών κατά την απόδοση υφής. Είναι προφανής η επανάληψη της υφής και το οπτικό αποτέλεσμα της	44
<i>Εικόνα 22:</i> Η «μίξη» φωτογραφικών υφών με έτοιμες υφές βιβλιοθηκών, είναι εμφανής σε αυτήν την εικόνα. Διαφαίνεται επίσης ότι για σχετικά μικρές επιφάνειες, πλήρες image texture, είναι εφικτό (στην είσοδο).....	44
Πίνακας 1: Χρόνος μοντελοποίησης, απόδοσης υφής και rendering για το κάθε κτίριο του μοναστηριακού συγκροτήματος και συνολικά.....	33
Πίνακας 2: Συγκεντρωτικός πίνακας κτιρίων και κτισμάτων που μοντελοποιήθηκαν.....	34

ΜΕΡΟΣ 1^ο - ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σκοπός της Εργασίας

Σκοπός της εργασίας είναι να δοθεί η δυνατότητα σε ένα ευρύτερο πεδίο να γνωρίσουν το μνημείο και να το μελετήσουν, με μεγάλη λεπτομέρεια ακόμα και από γωνίες ή πλευρές που είναι δύσκολα ορατές ή προσβάσιμες. Αν και η χρήση των σύγχρονων τεχνολογιών στην ανάδειξη – προβολή μνημείων και αρχαιολογικού ενδιαφέροντος αντικειμένων, αποτελεί πεδίο διαφόρων και συχνά αντικρουόμενων θέσεων από επιστήμονες διαφορετικών ειδικοτήτων, παρόλα αυτά αποτελεί εξαιρετικά ενδιαφέρον διεπιστημονικό ερευνητικό πεδίο.

Αξίζει να αναφερθεί στο σημείο αυτό ότι αν και η τρισδιάστατη οπτικοποίηση ενός μνημείου είναι εξαιρετικά σύνθετη εργασία, σε όλα τα στάδια υλοποίησης, σημαντικό κριτήριο αξιολόγησης θα πρέπει να είναι ο σεβασμός της πραγματικότητας (όταν το πρωτότυπο διασώζεται) καθώς και των στοιχείων που συγκροτούν την πολιτισμική, κοινωνική και επιστημονική αξία του πρωτοτύπου.

1.2 Δομή της Εργασίας

Η εργασία χωρίζεται σε τρία μέρη. Στα εισαγωγικά κεφάλαια 1-3 του πρώτου μέρους, παρατίθενται βασικές έννοιες για την οπτικοποίηση, τα Γεωγραφικά συστήματα Πληροφοριών (εφεξής GIS ή ΓΣΠ), τα τρισδιάστατα Γραφικά, τις μεθόδους κατασκευής τρισδιάστατων (εφεξής 3D) μοντέλων μνημείων και σύντομη αναφορά περί Πολιτισμικής Κληρονομιάς.

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας παρατίθενται τα δεδομένα και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την οπτικοποίηση του μοναστηριού. Στο κεφάλαιο 4, περιγράφονται αναλυτικά όλα τα δεδομένα που υπήρχαν ή ανακτήθηκαν για την περιοχή μελέτης. Στο αμέσως επόμενο κεφάλαιο με αριθμό 5, δίνεται βήμα βήμα η ακριβής μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την κατασκευή της τρισδιάστατης οπτικοποίησης του μοναστηριού, την υπέρθεση των 3D μοντέλων στο ανάγλυφο της περιοχής, αλλά και για την δημιουργία μιας ταινίας μικρού μήκους. Περιγράφονται αναλυτικά οι μέθοδοι για την τρισδιάστατη μοντελοποίηση και την φωτογραμμετρική αποτύπωση των κτιρίων του μοναστηριακού συγκροτήματος. Στο τέλος του κεφαλαίου δίνεται ένα διάγραμμα υλοποίησης της εργασίας.

Στον επίλογο (Κεφάλαιο 6), παρατίθενται συνοπτικά τα αποτελέσματα των τεχνικών εργασιών, προβλήματα που συναντήθηκαν, γίνεται συζήτηση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και προοπτικών του εγχειρήματος.

1.3 Το μοναστήρι Αγίου Ιωάννη Θεολόγου του Υψηλού

1.3.1 Συνοπτική ιστορία της μονής

Η πρώτη αναφορά στο μοναστήρι, είναι το 1331 μ.Χ. σε πατριαρχικό έγγραφο, όταν ονομαζόταν μονή Κόρακα. Το σημερινό όνομα είναι γνωστό από το 1707 μ.Χ. Λέγεται, ότι το μοναστήρι ιδρύθηκε τον 9^ο μ.Χ. αιώνα. Καταστράφηκε πρώτη φορά το 1462 μ.Χ. με την άλωση της Λέσβου από τους Οθωμανούς, ανασυστάθηκε όμως το 1585 μ.Χ. Το καθολικό της μονής είναι μονόκλιτη ξυλόστεγη βασιλική, τιμάται δε στο όνομα του Αγίου Ιωάννη του Θεολόγου. Στη συνέχεια, καταστράφηκε δύο φορές από πυρκαγιά και μία από σεισμό. Μετά την πυρκαγιά του 1968, το μοναστηριακό συγκρότημα υπέστη ριζικές μετασκευές, οι οποίες άλλαξαν την εσωτερική του όψη.

1.3.2 Παρούσα κατάσταση της μονής

Το μοναστήρι βρίσκεται περίπου 3.5 χλμ οδικώς από το χωριό Άντισσα, στη δυτική πλευρά του νησιού. Από τα βυζαντινά χρόνια και την Τουρκοκρατία, σώζονται μερικά μόνο αρχιτεκτονικά κατάλοιπα, καθώς και τοιχογραφίες του 1684 μ.Χ. στο κοιμητηριακό παρεκκλήσι των Αγίων Πάντων. Στο μοναστηριακό συγκρότημα, υπάρχει μουσείο με εκκλησιαστικά κειμήλια. Έχουν γίνει οικοδομικές επεμβάσεις από τον ηγούμενο και τους 2 καλόγερους, που διαμένουν στο μοναστήρι, καθώς και μία μελέτη στήριξης με σιδηροδοκούς του μικρού κωδωνοστασίου της μονής.

Συνολικά το μοναστηριακό συγκρότημα, αποτελείται από 3 στάνες, ένα μη χρησιμοποιούμενο κτίσμα με τσιμεντένια οροφή, 2 κτίσματα - αποθήκες / άλλων χρήσεων, 1 ξενώνα, το καθολικό (αφιερωμένο στον Άγιο Ιωάννη τον Θεολόγο) και το κοιμητήριο με το παρεκκλήσι των Αγίων Πάντων. Σε μικρή απόσταση (περίπου 500m) από το μοναστήρι στα νοτιοδυτικά, βρίσκεται φυλάκιο του πολεμικού ναυτικού. Όσον αφορά το «έμπυχο δυναμικό» της μονής, εκτός από το διαρκές

μοναχολόγιο της μονής (συντεταγμένο από τον μητροπολίτη Ιάκωβο Κλεομβρότου), θα πρέπει να σημειωθεί ότι μετά το 1970 οι μονάζοντες σε αυτό λιγοστεύουν. Ενώ το 1970 η αδελφότητα αριθμούσε 14 μέλη, εν έτει 2007, στο μοναστήρι υπάρχουν 2 μοναχοί (ο ένας ζει μόνιμα εκεί) και ο ηγούμενος.

Η πρόσβαση σε αυτό γίνεται από τσιμεντόστρωτο δρόμο στη βόρεια πλαγιά του λόφου όπου βρίσκεται (μονόδρομος άνοδος) και ο ασφαλτόστρωτος δρόμος στη νότια πλευρά του δρόμου είναι η κάθοδος. Υπάρχει επίσης μικρός διαμορφωμένος τσιμεντόστρωτος χώρος για στάθμευση οχημάτων.

Η θέση του μοναστηριού (γεωγραφικό πλάτος 39° 13' 53'', γεωγραφικό μήκος 25° 56' 10''), είναι πανοραματική. Η θέα από το μοναστήρι είναι εξαιρετική, όπως άλλωστε παρατηρεί και ο Ι. Κλεομβρότου «Η δύσις τοῦ ἡλίου ἀποτελεῖ κάτι το ἐξάισιον».

2. ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ, Γ.Σ.Π. ΚΑΙ 3D ΓΡΑΦΙΚΑ

2.1 Οπτικοποίηση

Παρακάτω, δίνεται ένας ευρέως γνωστός και χρησιμοποιημένος ορισμός της οπτικοποίησης. Σε αυτόν, αν και διατυπώθηκε το 1987, η οπτικοποίηση αποκτά την ιδιαίτερη βαρύτητα που κατέχει σε πολυάριθμα επιστημονικά πεδία, όπως της γεωγραφικής επιστήμης και της αρχαιολογίας. Σε μετάφραση από το αγγλικό κείμενο, ο ορισμός αυτός είναι διαχρονικός.

«Η οπτικοποίηση είναι μία μέθοδος υπολογισμού. Μεταμορφώνει το ‘συμβολικό’ σε ‘γεωμετρικό’, δίνοντας τη δυνατότητα στους ερευνητές να παρατηρήσουν τις εξομοιώσεις τους και τους υπολογισμούς τους. Η οπτικοποίηση, προσφέρει μια μέθοδο να δει κανείς αυτό που δεν φαίνεται. Εμπλουτίζει την διαδικασία της επιστημονικής ανακάλυψης και ανατρέφει εμβριθή και μη αναμενόμενες ενοράσεις. Σε πολλά επιστημονικά πεδία, έχει ήδη αρχίσει να φέρνει επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο οι επιστήμονες ‘κάνουν’ επιστήμη» (McCormick et al., 1987).

2.2 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π – GIS)

Ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών, είναι ένα σύστημα που δημιουργεί, αποθηκεύει, αναλύει και διαχειρίζεται χωρική πληροφορία. Ο όρος, αναφέρεται συνήθως και στα εμπορικά λογισμικά GIS. Ένας ευρύτερος ορισμός για τα GIS, είναι αυτός του Κουτσόπουλου¹, ο οποίος διαχωρίζει τις «ιδέες που έχουν εκφρασθεί κατά καιρούς για τα ΓΣΠ σε τρεις ξεχωριστές ομάδες»:

- Διαχειριστική προσέγγιση: στόχος της η δημιουργία και διαχείριση χωρικών στοιχείων, με δύο υπό-ομάδες, την α) Χαρτογραφική προσέγγιση και β) Πληροφορική προσέγγιση
- Προσέγγιση Χωρικής Ανάλυσης: υποστηρίζει την σπουδαιότητα της Γεωγραφικής Ανάλυσης (χωρικής).
- Σχεδιαστική Προσέγγιση: δυνατότητα των ΓΣΠ να επιλύουν χωρικά προβλήματα (συμμετέχουν ενεργά στον χωρικό σχεδιασμό)

¹ ΚΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ Κ. «Γεωγραφικά Συστήματα πληροφοριών και Ανάλυση χώρου», Παπασωτηρίου, Αθήνα 2002 (σ. 17-18)

2.2.1 Μοντέλα αναγλύφου (DEM, DTM), Τριγωνικό Ακανόνιστο Δίκτυο (TIN)

Σε ένα πολύπλοκο τρισδιάστατο μοντέλο, η βασική δομή είναι το DTM, το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (GRUSSENMEYER P. et Al.) Δύο βασικές μέθοδοι μπορούν αν χρησιμοποιηθούν στην δημιουργία ενός Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους:

- 1). Ο κανονικός ψηφιδωτός κάρναβος (raster grid)
- 2). Το Τριγωνικό Ακανόνιστο Δίκτυο (TIN)

Digital Elevation Model (Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους): Το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους, αναπαριστά τις υψομετρικές διαφορές της Γης, χωρίς να λαμβάνει υπ' όψη την βλάστηση ή ανθρωπογενείς κατασκευές (MAUNE DAVID F., 2001). Πρόκειται για μία ψηφιδωτή (raster) επιφάνεια, στην οποία κάθε τιμή κελιού (cell, pixel) αντιπροσωπεύει μία μοναδική τιμή υψομέτρου.

Digital Terrain Model (Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους): Το DTM είναι συνώνυμο του DEM. Διαφορά μπορεί να υπάρξει μόνον όταν η τεχνική δημιουργίας του μοντέλου DTM περιλαμβάνει και mass points ή / και breaklines, προκειμένου να αναπαραστήσει με ακόμα μεγαλύτερη ακρίβεια την επιφάνεια της γης.

Triangulated Irregular Network (Τριγωνικό Ακανόνιστο Δίκτυο): ένα TIN, είναι ένα 'σετ' από γειτνιάζοντα, μη επικαλυπτόμενα τρίγωνα που προκύπτουν από σημεία ανομοιόμορφα κατανομημένα με συντεταγμένες x / y και τιμές z (υψόμετρο). Η διανυσματική επιφάνεια του TIN, προτιμάται όταν είναι σημαντικό να διατηρηθούν οι ακριβείς θέσεις στενών ή μικρών χαρακτηριστικών της επιφάνειας της γης (χαντάκια, απομακρυσμένες κορυφές, λάκκοι).

Οι Grussenmeyer P. et al. προτείνουν την ταξινόμηση 9 βασικών στοιχείων σε τρεις κατηγορίες, για τον καθορισμό των αντικειμένων σε έναν αρχαιολογικό χώρο². Στην περίπτωση της δημιουργίας ενός DTM για την χρησιμοποίηση του

² 1^η Κατηγορία: Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους. Τα στοιχεία για τον καθορισμό του DTM είναι α) ανάγλυφο, β) υδρογραφικό δίκτυο, γ) οδικό δίκτυο. 2^η Κατηγορία: Λοιπά στοιχεία, θεωρούνται απλά τα αντικείμενα που μπορούν να οπτικοποιηθούν σε 3D μορφή, δηλαδή α) βλάστηση, β) πινακίδες, γ) αστικά αντικείμενα (Urban Furniture). 3^η Κατηγορία: 3D πολύπλοκα αντικείμενα, δηλαδή α) μνημεία, β) κτίρια, γ) κατασκευές (GRUSSENMEYER P. et Al. "3D Geometric and semantic modeling in historic sites" *XVII CIPA International Symposium, Olinda Brazil, October 1999*)

στην οπτικοποίηση ενός αρχαιολογικού χώρου, πρέπει κανείς να λάβει υπ' όψη του το γήινο ανάγλυφο, το υδρογραφικό δίκτυο και το οδικό δίκτυο.

2.3 Τρισδιάστατα γραφικά (3D Graphics)

Τρισδιάστατα Γραφικά (εφεξής και 3D), είναι το πεδίο των ψηφιακών γραφικών (computer graphics) που ασχολείται με την δημιουργία και οπτικοποίηση τρισδιάστατων αντικειμένων σε ένα δισδιάστατο χώρο (λ.χ. η οθόνη του υπολογιστή).

Οι βασικές μέθοδοι μοντελοποίησης της γεωμετρίας αντικειμένων με 3D γραφικά, είναι:

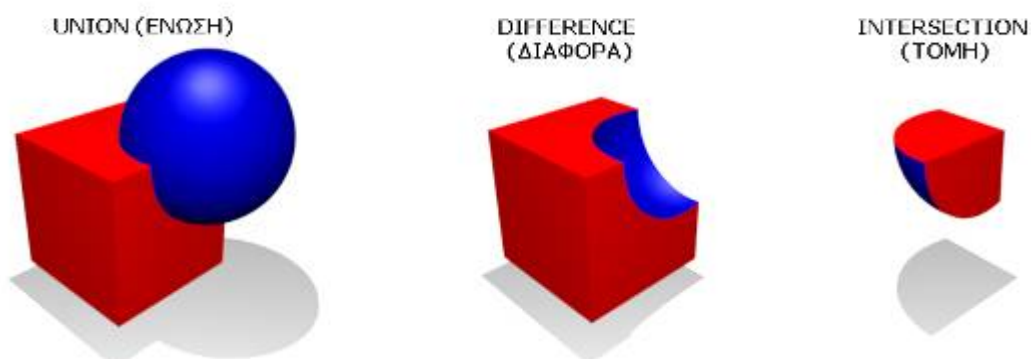
- Το solid ή volumetric modelling (μοντελοποίηση στερεών ή όγκων)
- Το surface modelling (μοντελοποίηση επιφανειών)
- Το wireframe modelling (μοντελοποίηση των ακμών των αντικειμένων)

Στην προκειμένη περίπτωση, χρησιμοποιήθηκε το **solid ή volumetric modelling**. Βασικές μέθοδοι αναπαράστασης της γεωμετρίας με solid modelling, είναι οι εξής:

- Sweeping (σάρωση)
- Boundary representation (B-rep)
- Parameterized primitive instancing (η γεωμετρία επιλέγεται από παραμετροποιημένες βιβλιοθήκες primitives)
- Spatial Occupancy ή voxel (όπου ο χώρος «τεμαχίζεται» σε κελιά και το αντικείμενο ορίζεται από την ποσότητα και θέση των κελιών που καταλαμβάνει)
- Facet modelling (μοντελοποίηση των εξωτερικών επιφανειών ενός τριγωνικού επιπέδου)
- Decomposition (όμοια μέθοδος με την Spatial Occupancy)
- Constructive Solid Geometry (μέθοδος που εκμεταλλεύεται τις απλές λογικές πράξεις της Άλγεβρας Boolean). Στην εικόνα 1, φαίνονται τρία παραδείγματα ένα για την κάθε λογική πράξη Boolean στην CSG -η οποία και χρησιμοποιήθηκε κατά κόρον στην συγκεκριμένη εργασία-.
- Parametric Modelling (Παραμετρικό modelling)

Πολύ σημαντικοί παράγοντες στην τρισδιάστατη αναπαράσταση, είναι η απόδοση υφής (**texture mapping**) και το **rendering** (σε ελεύθερη μετάφραση: απόδοση). Το texture, νοείται ως μια εικόνα που εφαρμόζεται πάνω σε πολύγωνο, προκειμένου να αναπαραστήσει την εμφάνιση (όψη) μιας επιφάνειας αντικειμένου.

Το rendering, νοείται ως η διαδικασία της παραγωγής μιας εικόνας από ένα μοντέλο, σε γραφικά computer.



*Εικόνα 1: Constructive Solid Geometry: λογικές πράξεις άλγεβρας Boolean
(πηγή: www.wikipedia.org)*

2.4 Μέθοδοι κατασκευής 3D μοντέλων μνημείων

Η τρισδιάστατη ανακατασκευή / μοντελοποίηση μνημείων, μπορεί να χωριστεί αρχικά (χονδρικώς) σε δύο κατηγορίες: 1) στα μνημεία που σώζονται ολόκληρα και μπορούν να αποκατασταθούν σχεδιαστικά, 2) σε αυτά που μέρος τους έχει γκρεμιστεί ή καταστραφεί και μπορούν ή δεν μπορούν να αποκατασταθούν σχεδιαστικά. Είναι προφανές ότι μνημεία της πρώτης κατηγορίας μπορούν να μοντελοποιηθούν πολύ πιο εύκολα, με πολύ χαμηλότερο κόστος και πολύ υψηλότερη ακρίβεια. Στην παράγραφο αυτή, θα γίνει εκτενής αναφορά μεθοδολογιών μοντελοποίησης μνημείων, τα οποία αφορούν μόνο την πρώτη προαναφερθείσα κατηγορία.

Οι μέθοδοι τρισδιάστατης μοντελοποίησης μνημείων, ποικίλουν ανάλογα με την κλίμακα α) του υπό μελέτη χώρου / μνημείου, β) των διατιθέμενων δεδομένων και εξοπλισμών απόκτησης των δεδομένων. Γενική πρακτική, είναι η *φωτογραμμετρική αποτύπωση* των επιφανειών των κτιρίων - μνημείων, μαζί με την αποτύπωση των περιβαλλόντων χώρων από υπάρχοντα αρχιτεκτονικά / τοπογραφικά σχέδια.

Η φωτογραμμετρική αποτύπωση, χωρίζεται σε δύο μέρη, α) την ανάκτηση των δεδομένων και β) την επεξεργασία των δεδομένων. Την επεξεργασία των δεδομένων που γίνεται σε λογισμικά φωτογραμμετρίας (λ.χ. PhotoModeller, TIPHON κλπ.), διέπουν γενικοί μαθηματικοί κανόνες και εξισώσεις τριγωνομετρίας. Η ανάκτηση όμως των δεδομένων, μπορεί να γίνει με δύο τρόπους: α) με μετρικό φωτογραμμετρικό εξοπλισμό (μετρικές φωτογραφικές μηχανές) και β) με μη μετρικό φωτογραφικό εξοπλισμό³. Κατόπιν της φωτογραφικής αποτύπωσης, έπεται η μέτρηση των διαστάσεων του μνημείου.

Στην εργασία τους⁴, οι Hanke K. et al, αναφέρουν *τρία βήματα της διαδικασίας για την εικονική αναπαράσταση ενός μνημείου*:

1. Οι χαρακτηριστικές επιφάνειες (faces) και πλέγμα ακμών (wireframe) πρέπει να μοντελοποιηθούν.
2. Σε ένα κοινό περιβάλλον λογισμικού CAD, το wireframe αναθεωρείται και όπου χρειάζεται συμπληρώνεται και διορθώνεται. Κατόπιν, το τρισδιάστατο μοντέλο ολοκληρώνεται με τον ορισμό επιφανειών (faces) μεταξύ των δομικών ακμών (structure lines).
3. Χρησιμοποιώντας τεχνικές παρακολούθησης ακτίνας (ray tracing), οι φωτογραφίες των επιφανειών του μνημείου προβάλλονται πάνω στο μοντέλο.

Το αποτέλεσμα είναι ένα τρισδιάστατο μοντέλο με υφή (textures) ή αλλιώς ένα φωτομοντέλο (photomodel).

Η διαδικασία της απόδοσης υφής, είναι ιδιαίτερος επίπονη. Αυτό οφείλεται στο ότι δεν είναι εφικτό να φωτογραφηθούν με τις ίδιες συνθήκες φωτισμού (φωτεινότητα / αντίθεση) όλες οι πλευρές ενός μνημείου. Παρ' όλα αυτά, έχουν αναπτυχθεί τεχνικές για την σωστή απόδοση υφής σε τμήματα κατασκευών όπου η φωτογράφιση δεν γίνεται με ομοιόμορφες συνθήκες φωτισμού.

³ Οι El Hakim et al., υποδεικνύουν ότι η τρισδιάστατη μοντελοποίηση μνημείων, μπορεί να γίνει εξίσου λεπτομερώς και με ακρίβεια στο αποτέλεσμα, ακόμα και από φωτογραφίες που λήφθηκαν από απλούς τουρίστες (El. Hakim et al. Ιούνιος 2002)

⁴ KLAUS HANKE et. Al. "The medieval Fortress Kufstein – an example for the restitution and visualization of cultural heritage" *University of Innsbruck, Austria*

Η πιο συνήθης τεχνική απόδοσης υφής σε ένα τρισδιάστατο μοντέλο, είναι το *image mapping*, όπου μονόχρωμες ή έγχρωμες φωτογραφίες υπερτίθενται στην γεωμετρική επιφάνεια του μοντέλου προκειμένου να επιτευχθεί φωτορεαλιστική απόδοση της υφής.

Οι Visnovcova et al., δημιούργησαν την τεχνική *View dependent texture mapping* προκειμένου να αποφευχθούν προφανείς διαφορές φωτισμού μεταξύ γειτονικών φωτογραφιών που θα χρησιμοποιηθούν για απόδοση υφής. Η τεχνική, συνοψίζεται στα εξής:

1. Προ-επεξεργασία: για να επιτευχθεί ομοιόμορφη χρωματική ισορροπία (color balance) in all images high pass filtering and histogram equalization are used for each RGB channel separately.
2. Επιλογή της γεωμετρικά καλύτερης εικόνας
3. Απόδοση υφής με ειδικό αλγόριθμο (texture weighted averaging).

Ένα επίσης πολύ σημαντικό στοιχείο της τρισδιάστατης μοντελοποίησης είναι ο *φωτορεαλισμός*. Εκατοντάδες επιστημονικά άρθρα, μονογραφίες, εργασίες, έχουν ασχοληθεί με το ζήτημα αυτό. Φυσικά, η τεχνολογία έχει και αυτή εξελιχθεί και εξελίσσεται ακατάπαυστα, παρέχοντας πλέον λογισμικά που επιτυγχάνουν εκπληκτικό φωτορεαλισμό.

Φωτορεαλισμός είναι η όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστική οπτικοποίηση ενός αντικειμένου / κτιρίου κλπ. Προκειμένου να ελεγχθεί εάν μια αναπαράσταση είναι φωτορεαλιστική, ο Bill Fleming (Bill Fleming, 2000) διατυπώνει 10 βασικές αρχές του φωτορεαλιστικού 3D:

1. Ακαταστασία και Χάος (Clutter & Chaos)
2. Προσωπικότητα και Προσδοκίες (Personality & Expectations)
3. Πειστικότητα (Believability)
4. Επιφάνεια επικάλυψης (Surface Texture)
5. Αντανεκλαστικότητα (Specularity)
6. Βρωμιά, Σκόνη και Σκουριά (Dirt, Dust and Rust)
7. Ατέλειες, χαρακιές και χτυπήματα (Flaws, Scratches and Dings)
8. «Στρογγύλεμα» γωνιών (Beveled Edges)
9. Βάθος επιφανειών (Object Material Depth)
10. Ακτινοβολία μεταξύ των αντικειμένων και διάχυση του φωτός (Global Illumination)

3. ΠΕΡΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ

3.1 Περί πολιτισμικής κληρονομιάς

«Ως πολιτισμική κληρονομιά ενός τόπου, ορίζεται το σύνολο των πολιτισμικών αγαθών που αναφέρονται σε αυτόν, με την έννοια ότι αυτή περιέχει τα στοιχεία που απαρτίζουν την ιστορική μνήμη του λαού ή της κοινωνία των ανθρώπων που τον κατοικούν, δηλαδή οτιδήποτε δημιουργήθηκε στο παρελθόν και σχετίζεται με την ιστορική διαδρομή του» (Παυλογεωργάτος, 2003).⁵

«Ως μνημείο, με την ευρεία έννοια του όρου, μπορεί να χαρακτηριστεί, κάθε αντικείμενο, έργο (υλικό ή πνευματικό) ή χώρος που διασώθηκε από το παρελθόν και σήμερα χρήζει προστασίας για τα μηνύματα που αυτό φέρει, ή τις πληροφορίες που αυτό δίνει, ή τέλος για το συμβολικό χαρακτήρα που αυτό είχε ή απέκτησε στην ιστορική διαδρομή του» (Κωνσταντίος, 2003).⁶

Γενικώς, μνημείο θα μπορούσε να χαρακτηριστεί, κάθε τι που σχετίζεται με την ανθρώπινη δραστηριότητα και σημάδεψε την πορεία της ανθρωπότητας, από την εμφάνιση της, μέχρι σήμερα.

3.2 Πολιτισμική κληρονομιά και Γ.Σ.Π.

Η σπουδαιότερη συνεισφορά των υπολογιστικών συστημάτων στην διατήρηση της πολιτισμικής κληρονομιάς ενός τόπου, είναι η καταγραφή και διαχείριση πληροφοριών που την αφορούν, σε ψηφιακές βάσεις δεδομένων.

Κατόπιν τούτου, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι τα GIS, συντελούν ουσιαστικά στην διαχείριση και διατήρηση της πολιτισμικής κληρονομιάς, αφού βασίζονται εξολοκλήρου στην δημιουργία και τήρηση βάσεων δεδομένων.

Εκτός από την τήρηση και διαχείριση πολλών μορφών πληροφοριών στις ενσωματωμένες βάσεις δεδομένων των GIS, τα λογισμικά GIS παρέχουν εξαιρετικά εργαλεία απεικόνισης, οπτικοποίησης και απόδοσης αυτών των πληροφοριών.

⁵ 'Διατήρηση της υλικής πολιτιστικής κληρονομιάς' Παυλογεωργάτος Γ. Σ., Μυτιλήνη 2003, σ. 27

⁶ 'Η πόλη, το Μουσείο, το Μνημείο. Δοκίμια Πολιτιστικής διαχείρισης' Κωνσταντίος Δ., Αθήνα 2003, σ. 160

Επιπλέον, η ψηφιοποίηση τοπογραφικών πληροφοριών, η δημιουργία και βασική επεξεργασία μοντέλων αναγλύφων και πολλές άλλες διαδικασίες προ- και μετά-επεξεργασίας δεδομένων, εκτελούνται σε λογισμικά GIS.

Σχέδια και χάρτες, όψεις και προοπτικές ακόμη και βίντεο εικονικής πραγματικότητας, είναι μερικά παραδείγματα παραγόμενων προϊόντων από την βάση δεδομένων του υπό μελέτη αντικειμένου (Hanke KLAUS et al., 2002).

Ενδεικτικά, θα αναφερθούν ορισμένα παραδείγματα συμβολής των GIS στην διατήρηση / διαχείριση της πολιτισμικής κληρονομιάς.

- ΠΟΛΕΜΩΝ: Ολοκληρωμένο σύστημα για την τεκμηρίωση, διαχείριση και ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς, σχεδιάστηκε από το Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας για λογαριασμό του Υπουργείου Πολιτισμού.
- Δίκτυα Οχρωματικής Αρχιτεκτονικής στο Αιγαίο: ενέργεια του προγράμματος ARCHIMED
- ARKIS NET

3.3 Πολιτισμική κληρονομιά και 3D Γραφικά

Πολλές εφαρμογές για την πολιτισμική κληρονομιάς, απαιτούν τρισδιάστατη αναπαράσταση αντικειμένων και scenes του πραγματικού κόσμου. Τα κίνητρα μπορεί να είναι διάφορα (El Hakim et al. 2002):

1. Για την τεκμηρίωση ιστορικών κτιρίων, αρχαιολογικών χώρων και αντικειμένων, προκειμένου να ανακατασκευαστούν ή να επισκευαστούν αν καταστράφηκαν κάποτε, για παράδειγμα από φωτιά, σεισμό, πλημμύρα, πόλεμο ή διάβρωση.
2. Για να δημιουργηθούν εκπαιδευτικές πηγές για φοιτητές και ερευνητές ιστορικών και πολιτιστικών σπουδών.
3. Για την ανακατασκευή ιστορικών μνημείων που σώζονται μερικώς ή καθόλου.
4. Για να οπτικοποιηθούν ‘σκηνές’ από σημεία που είναι αδύνατο να κοιτάξει κανείς, λόγω υψομέτρων ή γειτονικών αντικειμένων.
5. Προκειμένου να επιτευχθεί ‘διάδραση’ με τα προστατευόμενα μνημεία χωρίς τον κίνδυνο ζημιάς σε αυτά.

6. Σε εφαρμογές εικονικών μουσείων και εικονικού τουρισμού.

Γενικώς, στις περισσότερες εφαρμογές με τρισδιάστατη αναπαράσταση μνημείων που αφορούν την πολιτισμική κληρονομιά, υπάρχουν ορισμένες απαιτήσεις (El Hakim et al. 2002):

1. Υψηλή γεωμετρική ακρίβεια
2. Υψηλό επίπεδο λεπτομέρειας
3. Φωτορεαλισμός
4. Αυτοματοποιημένη μοντελοποίηση
5. Χαμηλό κόστος
6. Φορητότητα
7. Ευελιξία σε εφαρμογές
8. Όσο το δυνατόν μικρότερο μέγεθος αρχείου

Η κλίμακα σημαντικότητας αυτών των απαιτήσεων, εξαρτάται φυσικά από την εκάστοτε εφαρμογή, για παράδειγμα αν είναι επιστημονική τεκμηρίωση ή εικονικό μουσείο. Σε πολλές εφαρμογές όμως, όλες αυτές οι παράμετροι είναι σημαντικές.

Με την χρήση των τρισδιάστατων μοντέλων, προκύπτουν εικονικές πτήσεις και εικονικές περιηγήσεις (fly-overs, walk-throughs) στα υπό αναπαράσταση μνημεία, καταδεικνύεται η χρησιμότητα της τρισδιάστατης αναπαράστασης⁷ και μοντελοποίησης μνημείων της πολιτισμικής μας κληρονομιάς (Hanke KLAUS et al., 2002).

⁷ Στο μουσείο *Galleria Del' Accademia* στην Φλωρεντία, υπάρχει ένα διαδραστικό «stand» με την τρισδιάστατη αναπαράσταση του φημισμένου αγάλματος του Michelangelo Buonarrotti, *Δαβίδ*. Ο επισκέπτης μπορεί να «παίξει» με το 3D γραφικό και να «ανακαλύψει» το άγαλμα ύψους 7.5μ από κοντά. Μπορεί επίσης να αλλάξει την πηγή του φωτός και να δει το άγαλμα με διαφορετικές σκιάσεις. Όλα αυτά, κατέστησαν εφικτά έπειτα από την τρισδιάστατη οπτικοποίηση του αγάλματος από το πανεπιστήμιο Stanford.

ΜΕΡΟΣ 2^ο - ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

4. ΔΕΔΟΜΕΝΑ

4.1 Δεδομένα της περιοχής Μελέτης

4.1.1 Χαρτογραφικά - Τηλεπισκοπικά δεδομένα

Τα χαρτογραφικά δεδομένα υποβάθρου για την περιοχή μελέτης, συνίστανται στα τοπογραφικά διαγράμματα 1:5000 της ΓΥΣ, και ψηφιακό μοντέλο εδάφους της περιοχής που εξήχθη από το τοπογραφικό διάγραμμα της περιοχής.

Συγκεντρώθηκαν τα εξής δορυφορικά / αεροφωτογραφικά δεδομένα για την περιοχή μελέτης:

- Δορυφορική εικόνα Quickbird της περιοχής, με χωρική ανάλυση 3m / pixel
- Αεροφωτογραφία της ΓΥΣ για την περιοχή μελέτης με χωρική ανάλυση 1m / pixel
- Δορυφορική εικόνα της περιοχής (έκταση περίπου 2 χλμ²) από το Google Earth

4.1.2 Αρχιτεκτονικά δεδομένα

Κατόπιν εκτεταμένης έρευνας, βρέθηκαν αρχιτεκτονικά σχέδια του μοναστηριού, του 1968. Τα συγκεκριμένα σχέδια εκπονήθηκαν από τον Γ. Γιανουλέλλη για την αποκατάσταση του μοναστηριού μετά από την πυρκαγιά του 1968, και αποτελούνται από κατόψεις και προσόψεις. Δυστυχώς, δεν υπάρχουν διαστάσεις για όλα τα αποτυπωμένα μέρη. Επίσης, μόνο μία κάτοψη αποτυπώνει ολόκληρο το μοναστηριακό συγκρότημα αλλά χωρίς μετρήσεις. Βρέθηκαν επίσης, σύγχρονα αρχιτεκτονικά σχέδια του κωδωνοστασίου της μονής (2001). Κατόπιν τούτου, έγιναν ορισμένες επιτόπιες μετρήσεις προκειμένου να βρεθεί η σχετική θέση των κτισμάτων του μοναστηριού.

4.1.3 Εικόνα - βίντεο

Έγιναν πέντε φωτογραφήσεις του μοναστηριού και μία βιντεοσκόπηση, από τον συγγραφέα. Οι πρώτες δύο φωτογραφήσεις, που έγιναν τον Μάιο και Σεπτέμβριο του

2006 αφορούν το εξωτερικό και το εσωτερικό του μοναστηριού, με έμφαση στα κτίσματα του συγκροτήματος μεμονωμένα. Η τρίτη και τέταρτη φωτογράφιση που έγινε με ευρυγώνιο φακό τον Φεβρουάριο και Μάρτιο του 2007, αφορά τις τέσσερις πλευρές του μοναστηριού εξωτερικά. Η πέμπτη φωτογράφιση έγινε τον Απρίλιο του 2007 με σκοπό οι φωτογραφίες να χρησιμοποιηθούν σε φωτογραμμετρική αποτύπωση των κτιρίων του μοναστηριού και μέτρηση των διαστάσεων τους⁸.

Η βιντεοσκόπηση έγινε τον Σεπτέμβριο του 2006. Λήφθηκαν μεσαία και κοντινά πλάνα.

4.1.4 Άλλα δεδομένα

Τα 3D μοντέλα της χλωρίδας και της πανίδας της περιοχής αλλά και ορισμένων κτισμάτων, του ασφαλτόστρωτου δρόμου και άλλων στοιχείων του τοπίου καθώς και ανθρώπων - αυτοκινήτων, επιλέχθηκαν από έτοιμες βιβλιοθήκες 3D μοντέλων. Έγιναν επίσης μετρήσεις ακριβείας με GPS, όπου λήφθηκαν τέσσερα σταθερά σημεία στις γωνίες του περιβόλου του μοναστηριακού συγκροτήματος, ούτως ώστε να χρησιμοποιηθούν για την ακριβή τοποθέτηση του τρισδιάστατου μοντέλου του πάνω στο ανάγλυφο.

4.2 Λογισμικά επεξεργασίας

4.2.1 GIS - ESRI ArcGIS

Το ArcGIS της ESRI, είναι το πλέον δημοφιλέστερο εμπορικό πακέτο GIS. Εδώ δημιουργήθηκε και τροποποιήθηκε το μοντέλο αναγλύφου της περιοχής (DEM) καθώς και οι γεω-διορθωμένες αεροφωτογραφίες της περιοχής. Στο λογισμικό ArcGIS έγινε επίσης η εξαγωγή του μοντέλου αναγλύφου και της αεροφωτογραφίας για χρήση σε λογισμικό τρισδιάστατων γραφικών. Στο ίδιο λογισμικό, έγινε και η

⁸ Προκειμένου να γίνει μέτρηση των διαστάσεων των κτιρίων κατά τη διάρκεια της φωτογραμμετρικής αποτύπωσης, είναι απαραίτητο να είναι γνωστή **η διάσταση τουλάχιστον της μίας πλευράς** ενός κτιρίου. Για να επιτευχθεί λοιπόν η σωστή φωτογραμμετρική αποτύπωση, έγιναν μετρήσεις με μετροταινία σε όλα τα κτίρια του μοναστηριακού συγκροτήματος, προκειμένου να εξαχθεί η διάσταση μίας πλευράς τους.

γεωμετρική διόρθωση των φωτογραφιών που λήφθηκαν στην πτήση πάνω από το μοναστήρι.

4.2.3 PhotoModeler

Το PhotoModeler είναι δημοφιλέστατο εμπορικό λογισμικό φωτογραμμετρίας. Εδώ εισήχθησαν οι φωτογραφήσεις του μοναστηριού προκειμένου να δημιουργηθούν με ακρίβεια μοντέλα (εικόνες) ολόκληρων των πλευρών του περιβάλου του μοναστηριού και των κτισμάτων του, αλλά και δημιουργία φωτορεαλιστικών υφών (textures). Τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιήθηκαν στο λογισμικό 3D γραφικών για να δημιουργηθούν τα τρισδιάστατα πλέον μοντέλα των κτισμάτων του μοναστηριού.

Προκειμένου να δοκιμαστεί το λογισμικό για την ακρίβεια και αποτελεσματικότητά του, έγινε οπτικοποίηση ενός μικρού κουτιού παυσίπων. Στην εικόνα 1, βλέπουμε τα αποτελέσματα. Για το απλούστατο ορθογώνιο στερεό σχήμα του, χρειάστηκαν 6 φωτογραφίες και 1 ώρα εργασίας στο λογισμικό.

4.2.2 3D - MAXON Cinema 4D

Το Cinema 4D είναι από τα πιο εύχρηστα εμπορικά πακέτα δημιουργίας και επεξεργασίας 3D γραφικών. Εδώ έγιναν η επεξεργασίες και ολοκληρώθηκαν τα μοντέλα των κτισμάτων του μοναστηριού και του περιβάλου του, καθώς και οι υφές (textures) που χρησιμοποιήθηκαν στα μοντέλα.

Στο Cinema 4D έγινε επίσης και η μετά-επεξεργασία του μοντέλου αναγλύφου της περιοχής, καθώς και η απόδοση υφής στο έδαφος.

4.2.4 Βίντεο / Ήχος - Adobe Premiere Pro / Sony Soundforge

Στο λογισμικό Soundforge, έγινε η επεξεργασία και βελτίωση του soundtrack (μουσική επένδυση) και της αφήγησης (speakage) του μικρού μήκους ντοκιμαντέρ.

Κατόπιν, το audio track (ήχος της ταινίας) προστέθηκε στο λογισμικό Adobe Premiere Pro όπου έγινε και το τελικό μοντάζ της ταινίας.



Εικόνα 2: Αποτελέσματα φωτογραμμετρικής αποτύπωσης ενός κουτιού παυσιπόνων.

5. ΜΕΘΟΔΟΙ

5.1 Κατασκευή του DTM της περιοχής μελέτης

Η πλέον ενδεδειγμένη μέθοδος για την δημιουργία αναλυτικών μοντέλων αναγλύφου γίνεται με μαθηματικό αλγόριθμο από στερεοζεύγη αεροφωτογραφιών ή δορυφορικών φωτογραφιών. Το κόστος όμως για την προμήθεια στερεοζεύγους φωτογραφιών είναι ακόμα απαγορευτικό εξετάζοντας και τις δύο δυνατότητες λήψης: α) η αεροφωτογράφιση κατά παραγγελία κοστίζει πολύ ακριβά, β) δεν υπάρχουν έτοιμες δορυφορικές φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης για την περιοχή και η κατά παραγγελία λήψη, έχει επίσης απαγορευτικό κόστος. Η δεύτερη ενδεδειγμένη μέθοδος δημιουργία μοντέλου αναγλύφου, είναι από τοπογραφικά δεδομένα, δηλαδή *ισοϋψείς καμπύλες, υψομετρικά σημεία κλπ.*

Ελλείπει σύγχρονων τοπογραφικών δεδομένων της περιοχής, το μοντέλο αναγλύφου κατασκευάστηκε από τοπογραφικό διάγραμμα της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού, με κλίμακα 1:5000, του 1975. Αν και η μορφολογία του αναγλύφου αλλάζει απειροελάχιστα μέσα σε 30 χρόνια, τα μέσα που υπήρχαν τότε για τοπογραφική αποτύπωση ή εξαγωγή τοπογραφικών δεδομένων από αεροφωτογραφίες, υστερούσαν κατά πολύ των σημερινών.

Το DTM της περιοχής της μονής Υψηλού, κατασκευάστηκε από ισοϋψείς καμπύλες ισοδιάστασης 4μ. Αρχικά, οι ισοϋψείς καμπύλες μετατράπηκαν σε TIN. Κατόπιν, το TIN μετατράπηκε σε κανονικό ψηφιδωτό κάρναβο, τύπου ESRI Grid. Στην παράγραφο 5.3 αναφέρεται η έκταση του μοντέλου αναγλύφου (σε km²)

5.2 Κατασκευή του 3D μοντέλου του μοναστηριακού συγκροτήματος της μονής Υψηλού

Πριν απ' όλα πρέπει να τονιστεί, ότι η τρισδιάστατη απεικόνιση αφορά μόνο *το εξωτερικό των κτιρίων του μοναστηριού*. Η απεικόνιση του εσωτερικού τους, δεν θα επέτρεπε (χρονικά) την ενασχόληση και έρευνα πάνω στο ευρύτερο αντικείμενο «οπτικοποίηση του χώρου» και θα μετέτρεπε την εργασία αυτή σε απλή τρισδιάστατη ανακατασκευή του μοναστηριακού συγκροτήματος.

5.2.1 Φωτογραμμετρική αποτύπωση των κτιρίων του συγκροτήματος

Αρχικά, τέθηκε ο στόχος⁹ να κατασκευαστούν τα μοντέλα του καθολικού, του κωδωνοστασίου, του περιβόλου εσωτερικά και εξωτερικά, του κοιμητηριακού ναού, του στάβλου και των λοιπών βοηθητικών κτισμάτων, βάσει φωτογραμμετρικής αποτύπωσης. Στο λογισμικό PhotoModeler, έγινε αρχικά ρύθμιση της φωτογραφικής μηχανής (camera calibration) προκειμένου να γίνει σωστά η αποτύπωση. Κατόπιν, εισήχθησαν στο λογισμικό 2 φωτογραφίες της κάθε πλευράς, κάθε κτιρίου. Αυτός είναι ένας καλός τρόπος να πραγματοποιηθεί η βασική μοντελοποίηση των πλευρών και επιφανειών των κτιρίων. Παράλληλα, κατασκευάστηκαν τα μοντέλα ορισμένων κτιρίων στο λογισμικό τρισδιάστατων γραφικών Cinema 4D απευθείας, βάση των αρχιτεκτονικών σχεδίων τους, καθώς η θέση τους στο συγκρότημα δεν επέτρεπε την πλήρη φωτογράφιση τους και από τις τέσσερις πλευρές. Στην εικόνα 2, φαίνεται η σύγκριση ενός από τους σταυρούς του κοιμητηρίου των Αγίων Πατέρων. Στα αριστερά η πραγματική φωτογραφία του σταυρού, στα δεξιά η φωτογραμμετρική αποτύπωση.



Εικόνα 3: Σταυρός του κοιμητηρίου της μονής. Στα δεξιά η φωτογραμμετρική αποτύπωση, στα αριστερά η πραγματική φωτογραφία.

⁹ Μπορεί να δεις κανείς τα αποτελέσματα της φωτογραμμετρικής αποτύπωσης των κτιρίων στο κεφάλαιο 6, στο τρίτο μέρος της εργασίας.

5.2.2 Εισαγωγή των μοντέλων σε λογισμικό 3D και ολοκλήρωση της μοντελοποίησης.

Το δεύτερο βήμα στην κατασκευή των τρισδιάστατων μοντέλων των κτιρίων του μοναστηριακού συγκροτήματος, ήταν η εισαγωγή τους στο λογισμικό Cinema 4D, ως αρχείο τύπου .3ds (3D Studio Max). Η εισαγωγή, έγινε προφανώς για όσα μοντέλα δημιουργήθηκαν στο PhotoModeler. Στο Cinema 4D ολοκληρώθηκε η μοντελοποίηση των επιφανειών των κτιρίων και του περιβάλλοντος, με όλα τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους (παράθυρα, ανοίγματα, εξάρσεις κλπ).

5.2.3 Κατασκευή των μοντέλων απευθείας σε περιβάλλον επεξεργασίας 3D γραφικών.

Τα μοντέλα των κτιρίων και του περιβάλλοντος του μοναστηριού, κατασκευάστηκαν και στο λογισμικό επεξεργασίας 3D Cinema 4D, προκειμένου να συγκριθούν με την φωτογραμμετρική αποτύπωση και να παρθεί τελική απόφαση για το ποια θα χρησιμοποιηθούν στο τελικό μοντέλο.

Τα μοντέλα κατασκευάστηκαν βάσει της περιμέτρου και του ύψους τους από τα αρχιτεκτονικά σχέδια. Διαστάσεις όπως «ύψος του παραθύρου από τη βάση» ή «θέση του παραθύρου σε σχέση με το γείσο» υπολογίστηκαν και αυτές βάσει των αρχιτεκτονικών σχεδίων. Παρ' όλα αυτά, τα σχέδια δεν αφορούν όλο το μοναστήρι. Για τον λόγο αυτό έγιναν μετρήσεις περιμέτρου, ύψους, γωνιών, όπου ήταν απαραίτητο προκειμένου να γίνουν γνωστές οι διαστάσεις και θέσεις και των υπολοίπων κτιρίων / κτισμάτων.

Τα μοντέλα των κτιρίων και κτισμάτων του μοναστηριακού συγκροτήματος, κατασκευάστηκαν με primitive objects, HyperNurbs, Constructive Solid Geometry (CSG) και extrusion. Τα αντικείμενα HyperNurbs εξομαλύνουν τις τετραγωνισμένες επιφάνειες μετατρέποντας κυρίως τις γωνίες τους σε καμπύλες.

- Λεπτομέρειες όπως γείσα, εξήχθησαν από τις επιφάνειες (faces) της εκάστοτε πλευράς, με extrusion

- Λεπτομέρειες όπως το μεγάφωνο του καθολικού ή πόμολα διάφορων θυρών, κατασκευάστηκαν με βασικά στερεά (primitive objects) και εισαγωγή αυτών σε αντικείμενα HyperNurbs.
- Το βασικό modelling έγινε με επεξεργασία των επιφανειών, των σημείων και των ακμών (faces, points, edges) διαφόρων primitive objects (βασικών, «πρωτόγονων» αντικειμένων. Αυτά είναι κύβοι, κύλινδροι, σφαίρες, κώνοι, δίσκοι, πυραμίδες κλπ. (cube, cylinder, sphere, cone, disc, objects)
- Η μέθοδος Constructive Solid Geometry, εφαρμόζει απλή άλγεβρα Boole (and or not) προκειμένου να συνδυάσει τα μοντέλα, με λειτουργίες ένωσης, διαφοράς και τομής (Boolean union, difference, intersection). Με Boolean objects κατασκευάστηκαν πόρτες, παράθυρα καθώς και τόξα.

Στην εικόνα 3, βλέπουμε μία άποψη του μοντελοποιημένου καθολικού, όπου φαίνονται οι προαναφερθείσες λεπτομέρειες.



Εικόνα 4: εμπρόσθια (δυτική) όψη του μοντελοποιημένου καθολικού του μοναστηριού.

5.2.4 Απόδοση υφής (texture mapping).

Η απόδοση υφής ή texture mapping, στην προκειμένη περίπτωση, έγινε με image texture αλλά και επιλογή έτοιμων textures από βιβλιοθήκες 3D μοντέλων και textures. Από έτοιμες βιβλιοθήκες λήφθηκαν τα textures για τις σκεπές των κτιρίων του μοναστηριακού συγκροτήματος. Για τις υπόλοιπες επιφάνειες, τα textures λήφθηκαν από τις φωτογραφίες, κατόπιν επεξεργασίας σε λογισμικό επεξεργασίας εικόνας. Επί τούτου, έγινε μία επιπλέον φωτογράφιση προκειμένου να ληφθούν φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης από κάθε επιφάνεια όλων των κτιρίων, ούτως ώστε να χρησιμοποιηθούν στο texture mapping.

5.3 Εισαγωγή του μοντέλου αναγλύφου σε περιβάλλον λογισμικού 3D

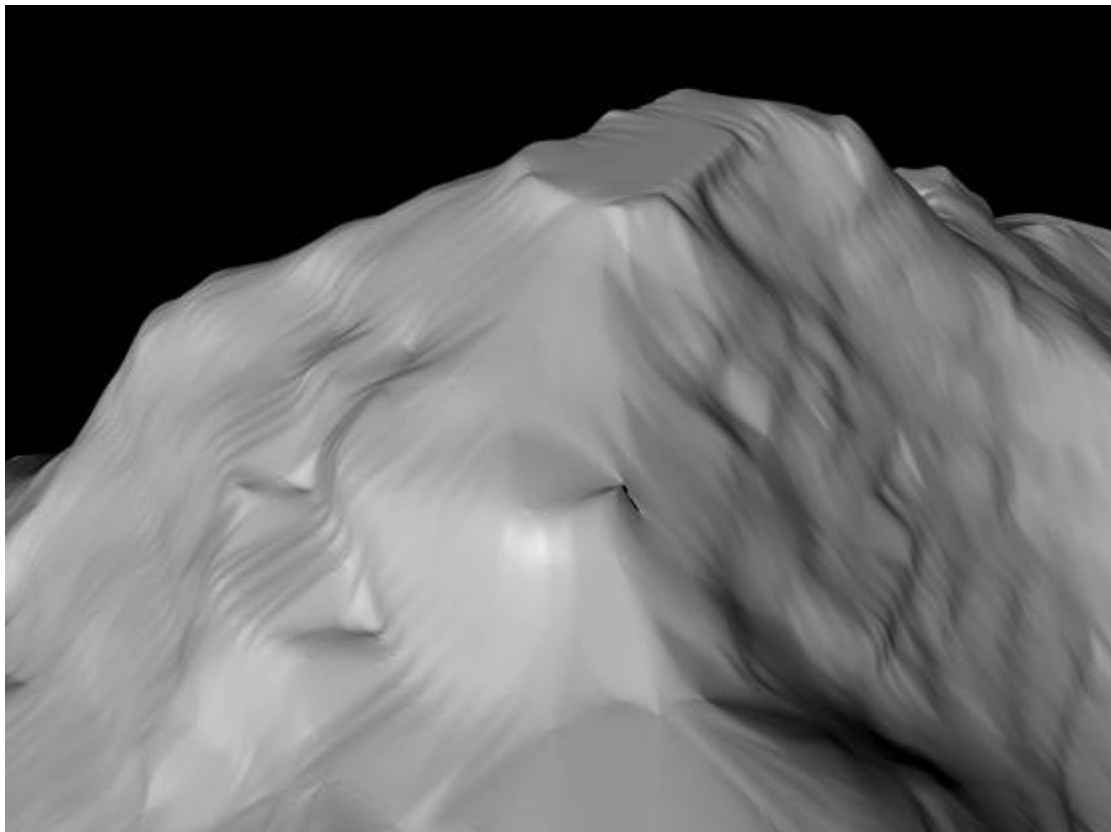
Εδώ, πρέπει να αναφερθεί ο περιορισμός του μεγέθους αρχείου. Ύστερα από πολλούς πειραματισμούς σε διάφορα λογισμικά 3D γραφικών, διαπιστώθηκε ότι το μέγεθος του αρχείου αυξάνεται όσο πιο πολύπλοκο (ακριβείας) και όσο πιο εκτεταμένο είναι το DTM. Τούτο σήμαινε ότι η συνολική επιφάνεια του περιβάλλοντος χώρου του συγκροτήματος έπρεπε να περιοριστεί σε μια έκταση μερικών τετραγωνικών χιλιομέτρων γύρω από το μοναστήρι. Έτσι, έγινε τεμαχισμός (cropping) του μοντέλου με κέντρο την κορυφή του όρους Όρδυμος όπου βρίσκεται το μοναστήρι, σε περίπου 0,5 τετραγωνικό χιλιόμετρο. Ο αριθμός μπορεί να αφήνει μια αίσθηση ελάχιστου, είναι όμως σημαντική έκταση αν σκεφτούμε την κλίμακα μοντελοποίησης που είναι σχεδόν 1:1.

Εκτός από το DTM καθαυτό, υλοποιήθηκε επιπροσθέτως ένα μοντέλο αναγλύφου με επικάλυψη της αεροφωτογραφίας. Πιο συγκεκριμένα, με τη βοήθεια μιας αλληλουχίας διαδικασιών¹⁰, εισήχθη στο λογισμικό Cinema 4D το μοντέλο με την επικάλυψη της αεροφωτογραφίας προκειμένου να χρησιμοποιηθεί στην ταυτοποίηση των θέσεων των αντικειμένων στο χώρο και τελικά στην υπέρθεση των τρισδιάστατων μοντέλων επάνω στη σκηνή. Κατόπιν, το DTM υποβλήθηκε σε

¹⁰ Από το ArcMap (του πακέτου ArcGIS), το μοντέλο αναγλύφου εισήχθη στο ArcScene, από όπου εξήχθη σε 3D μορφή αρχείου (.vml). Κατόπιν, εισήχθη ως αναγνωρίσιμο, κοινό 3D format (τύπος αρχείου)

διαδικασία ομαλοποίησης προκειμένου να αφαιρεθούν γωνίες και άλλες επιφάνειες από λάθη ψηφιοποίησης. Αυτό επετεύχθη με τον εξής απλό τρόπο: το DTM καταχωρήθηκε ως child (υπό-μέρος) σε ένα αντικείμενο HyperNurbs.

Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί ότι η διαδικασία εύρεσης του κατάλληλου τύπου και μεγέθους αρχείου, αν και δεν έχει τυποποιηθεί, έχει ήδη ερευνηθεί¹¹. Η επεξεργασία και εξαγωγή του μοντέλου αναγλύφου για εισαγωγή σε λογισμικά 3D γραφικών, μπορεί να περάσει από στάδια μετά-επεξεργασίας σε άλλα λογισμικά GIS, ή ακόμα και απόδοσης υφής.



Εικόνα 5: Λεπτομέρεια του Μοντέλου Αναγλύφου αφότου εισήχθη στο λογισμικό επεξεργασίας 3D

¹¹ Για παράδειγμα, ο Παπακωνσταντίνου (Παπακωνσταντίνου Α., 2005), κατέληξε κατόπιν πειραματισμών, ότι δύο αναγνωρίσιμες μορφές αρχείων από λογισμικά 3D Γραφικών όπως το Cinema 4D ή το 3D Studio Max, είναι οι VRML (.wrl) και USGS DEM (.dem).

5.4 Υπέρθεση του μοντέλου του μνημείου στο μοντέλο Αναγλύφου

Βάση των ακραίων σημείων του μοναστηριακού συγκροτήματος καθώς και σημείων ελέγχου (control points) που λήφθηκαν με GPS, τοποθετήθηκε το μοντέλο του μοναστηριακού συγκροτήματος καθώς και των επιμέρους στοιχείων του τοπίου (βλάστηση, κτίσματα κλπ) πάνω στη σκηνή.

5.5 Φωτισμός της σκηνής

Πραγματικός ή θεατρικός φωτισμός; (real or stage lighting?). Το ερώτημα αφορά κάθε τρισδιάστατη αναπαράσταση, κάθε τρισδιάστατο μοντέλο. Σε ορισμένες περιπτώσεις βέβαια, η απάντηση είναι προφανής, όπως για παράδειγμα σε μια αναπαράσταση ενός μικρού αντικειμένου, όπου φωτισμός τύπου προβολέων πέφτει σχεδόν από όλες τις πλευρές, προκειμένου να εξαλείψει τις πιο σκούρες σκιές. Τι γίνεται στην περίπτωση όπου αναπαρίσταται ολόκληρο το τοπίο μιας περιοχής; Εξαρτάται από τι το θέλουμε να φωτίσουμε και πως θα χρησιμοποιηθεί το εξαγωγίμο αποτέλεσμα (output). Για παράδειγμα, αν έχουμε μια τρισδιάστατη αναπαράσταση του λόφου της ακροπόλεως μαζί με το μνημείο, μπορεί να μην χρειαζόμαστε πραγματικό φωτισμό (ατμόσφαιρας) γιατί η οπτικοποίηση θα χρησιμοποιηθεί σε ένα διαδραστικό kiosk για τους επισκέπτες. Μπορεί πάλι να χρειαζόμαστε ήλιο, ομίχλη και αντανάκλασεις ατμόσφαιρας γιατί η οπτικοποίηση θα χρησιμοποιηθεί σε ένα ντοκιμαντέρ.

Στην περίπτωση της παρούσας εργασίας, επιλέχθηκε πραγματικός φωτισμός, δηλαδή όπως προαναφέρθηκε, ήλιος, ομίχλη και αντανάκλασεις / διάχυση του φωτός στην ατμόσφαιρα (Global Illumination ή Global Illumination). Πρέπει να τονιστεί, ότι χωρίς την προσθήκη ατμόσφαιρας (βλ. 5.6) ο πραγματικός φωτισμός δεν μπορεί να υφίσταται (για εξωτερικούς χώρους). Οι συνθήκες φωτισμού της ατμόσφαιρας, αντιστοιχούν στην 15^η Αυγούστου 2007 και ώρες 17:00 - 19:00 για το γεωγραφικό πλάτος και μήκος της θέσης του μοναστηριού.

5.6 Ατμόσφαιρα

Για περισσότερο ρεαλισμό, προστέθηκαν στην σκηνή ουρανός και σύννεφα. Η προσθήκη ατμοσφαιρικών στοιχείων εκτός από ρεαλισμό, προσδίδει στη σκηνή τη δυνατότητα ρύθμισης της ανάκλασης και διάχυσης του ηλιακού φωτός καθώς και της «καταχνιάς» (haze) προκειμένου να επιτευχθεί σωστότερος φωτισμός των αντικειμένων και σκίαση.

5.7 Στοιχεία και αντικείμενα τοπίου

Τα περισσότερα στοιχεία του τοπίου εκτός του μοναστηριακού συγκροτήματος επιλέχθηκαν από έτοιμες βιβλιοθήκες 3D μοντέλων, για λόγους οικονομίας χρόνου. Άλλωστε, η εστίαση της εργασίας είναι στην τρισδιάστατη ανακατασκευή του μοναστηριακού συγκροτήματος, εργασία που απαιτεί πολύ μεγάλο χρόνο επεξεργασίας σε λογισμικά.

Τα στοιχεία και αντικείμενα του τοπίου, τοποθετήθηκαν στην σκηνή βάσει των θέσεων τους στην δορυφορική φωτογραφία από το Google Earth. Παρόμοια τεχνική (τοποθέτηση βάση θέσης στην αεροφωτογραφία), χρησιμοποιείται στο Πανεπιστήμιο της Μελβούρνης στο τμήμα Geomatics, από την ομάδα του καθηγητή Ian D. Bishop, στην περιβαλλοντική οπτικοποίηση (environmental visualization). Όπως χαρακτηριστικά αναφέρουν οι Payam και Bishop (Payam G., Bishop I.D. 2002), «Αυτά, θα τοποθετηθούν με ακρίβεια στο τοπίο, με υπέρθεση στο τοπικό μοντέλο αναγλύφου (κλίμακας 1:25000 και ισοϋψείς με ισοδιάσταση 10m)».

Ας πάρουμε για παράδειγμα ένα δέντρο, το οποίο πρέπει να τοποθετηθεί πάνω στην πραγματική του θέση, στο ανάγλυφο. Πρώτα επιλέγεται ή κατασκευάζεται το μοντέλο του δέντρου. Κατόπιν, εντοπίζεται η ακριβής θέση του στο τοπίο, και τοποθετείται στο κέντρο της περιοχής που καταλαμβάνει στην αεροφωτογραφία. Στην εικόνα 5, φαίνεται το οπτικοποιημένο το παραπάνω παράδειγμα.



Εικόνα 6: Παράδειγμα τοποθέτησης αντικειμένου (δέντρου) στο ανάγλυφο (το ίδιο δέντρο σε μακρινό και κοντινό πλάνο).

5.7.1 Χλωρίδα - 3D μοντέλα βλάστησης

Τα μοντέλα των δέντρων και φυτών μέσα και γύρω από το μοναστήρι, επιλέχτηκαν από τα έτοιμα μοντέλα των ψηφιακών βιβλιοθηκών DOSCH: Plants and Nature, DOSCH Trees and Conifers. Η κάλυψη του εδάφους καθαυτή, έγινε με απλή απόδοση υφής (texture) στο μοντέλο αναγλύφου.

Ας σημειωθεί εδώ, ότι η ακριβής και ολοκληρωμένη τρισδιάστατη κάλυψη ενός τοπίου, είναι δύσκολη αν όχι αδύνατη. Η ανάγκη για αναπαράσταση της φυτοκάλυψης, είναι μια από τις περιπτώσεις όπου σχεδόν πάντα χρησιμοποιείται συμβολισμός (Σιδηρόπουλος Γ., Βασιλάκος Α. 2006).

5.7.2 Πανίδα - 3D μοντέλα ζώων / πουλιών / ανθρώπων / λοιπά.

Η οπτικοποίηση της πανίδας, έγινε καθαρά για λόγους εμπλουτισμού της σκηνής. Στην ουσία, χρησιμοποιείται μόνο ως εφέ (effect) για να εμπλουτίσει την ρεαλιστική απεικόνιση του τοπίου. Στη μονή Υψηλού υπάρχουν τρεις στάνες με ζώα (πρόβατα). Στη σκηνή, φαίνονται ορισμένα από αυτά να βόσκουν ελεύθερα στην γύρω περιοχή. Επιπλέον, προστέθηκαν έτοιμα μοντέλα ανθρώπων, τουρίστες που έχουν επισκεφθεί

το μοναστήρι, αποκλειστικά για λόγους σύγκρισης μεγεθών. Τέλος, προστέθηκαν μοντέλα αυτοκίνητων οχημάτων στο parking και στον εξωτερικό περίβολο.

5.7.3 Οδικό δίκτυο

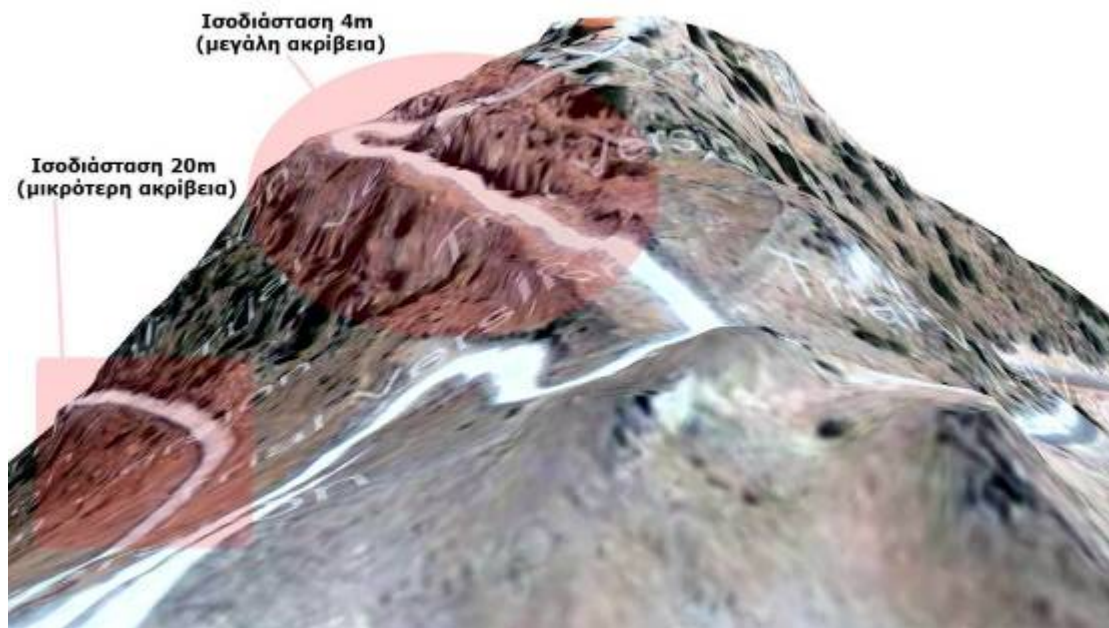
Το πλεονέκτημα της υψηλής ακρίβειας ισοκαμπυλών από το τοπογραφικό διάγραμμα της ΓΥΣ 1:5.000, βοήθησε στην δημιουργία των δρόμων ως επιφάνεια κατ' αρχήν στο μοντέλο αναγλύφου. Αυτό σημαίνει ότι ενώ με ισοΰψεις ισοδιάστασης 20m οι δρόμοι φαίνονται ως πλάγιες επιφάνειες, ενώ σε ισοδιάσταση 4m οι δρόμοι αποκτούν σχεδόν την επίπεδη, πραγματική τους επιφάνεια. Στην εικόνα 2 (επόμενη σελίδα), βλέπουμε ένα στιγμιότυπο από το 3D μοντέλο της περιοχής με την δορυφορική εικόνα του Google earth, όπου συγκρίνεται η ακρίβεια και επιφάνεια του ίδιου δρόμου σε περιοχή όπου η ψηφιοποίηση αποδίδει ισοδιάσταση 20m, και σε περιοχή όπου αποδίδεται ισοδιάσταση 4m.

Τα κομμάτια των δρόμων τα οποία δεν ενέπιπταν στην ακρίβεια και επάρκεια των ισοΰψών καμπυλών, μοντελοποιήθηκαν στο λογισμικό Cinema 4D. Η υφή αποδόθηκε από έτοιμες βιβλιοθήκες υφών (textures).

5.7.4 Κτίρια - κατασκευές - οχήματα

Τα κτίρια γύρω από το μοναστήρι κατασκευάστηκαν με μικρότερο επίπεδο λεπτομέρειας για λόγους οικονομίας χρόνου και μεγέθους αρχείου. Η υφή αποδόθηκε φωτογραμμετρικά όπου ήταν εφικτό και από έτοιμες βιβλιοθήκες όπου δεν ήταν εφικτό (φυλάκιο πολεμικού ναυτικού).

Στον πίνακα 1 (επόμενη σελίδα), βλέπουμε ένα συγκεντρωτικό πίνακα με τα κτίρια και κτίσματα που μοντελοποιήθηκαν είτε με φωτογραμμετρική αποτύπωση είτε κατευθείαν στο λογισμικό 3D γραφικών. Οι δύο πρώτες στήλες, δείχνουν, αν για το κτίριο υπάρχει σχέδιο ή / και έγινε φωτογράφιση.



Εικόνα 7: Σύγκριση του οδικού δικτύου σε περιοχή με ψηφιοποιημένες ισοϋψείς ανά 20m και ανά 4m.

5.7.5 Φωτορεαλισμός

Στην περίπτωση της εργασίας αυτής, τηρήθηκαν κατά το δυνατόν οι 10 αρχές του Bill Fleming, έχοντας διαχωρισμένα τα αντικείμενα που μοντελοποιήθηκαν σε δύο κατηγορίες: α) σε αυτά που μοντελοποιήθηκαν χωρίς φωτογραμμετρική μέθοδο β) σε αυτά που μοντελοποιήθηκαν με φωτογραμμετρική μέθοδο.

Οι προαναφερθείσες αρχές φωτορεαλισμού, είναι δυνατόν να εφαρμοστούν πιο εύκολα όταν η 3D αναπαράσταση γίνεται απευθείας σε λογισμικό 3D γραφικών, παρά όταν η αναπαράσταση γίνεται με φωτογραμμετρική αποτύπωση.

5.8 Σχεδιοκίνηση (Animation)

Για τις «πτήσεις» (flyovers) επιλέχθηκε κάμερα τύπου bird's eye view. Η εικόνα που βλέπει κανείς από αυτήν την κάμερα, μοιάζει πολύ με αυτό που θα έβλεπε αν πετούσε με ένα ελικόπτερο. Για τα υπόλοιπα πλάνα οι κάμερες είναι αυτές που θα είχε κανείς εάν κινηματογραφούσε μέσα από ένα αυτοκίνητο κινούμενο με μικρή ταχύτητα και στο χέρι περπατώντας ή με ειδικό τροχήλατο τρίποδο.

5.8.1 Πορεία κάμερας (Camera path)

Η πορεία της κάμερας επιλέχθηκε με βάση το σενάριο της μικρού μήκους ταινίας που δημιουργήθηκε, προκειμένου να «στηρίξει» το ίδιο το σενάριο. Πιο συγκεκριμένα, σε διαφορετικά αρχεία τηρήθηκαν τα 8 διαφορετικά camera path έως ότου να εξαχθούν σε μορφή βίντεο και να μονταριστούν.

Τέλος πρέπει να σημειωθεί, ότι εκτός από την ταινία, εξήχθη από το λογισμικό Cinema4D και ένα αρχείο εικονικής πραγματικότητας σε δύο format αρχείων (vrml και quick time VR) προκειμένου να επιδειχθούν οι δυνατότητες που προσφέρει στον χρήστη: zoom in / zoom out, περιστροφή και περιήγηση κατά βούληση στο μοναστηριακό συγκρότημα και στο τοπίο γύρω από αυτό.

5.8.2 Rendering, εξαγωγή εικόνων και συμπίεση βίντεο

Κάθε μοντέλο του μοναστηριακού συγκροτήματος, εξήχθη (δηλαδή υπέστη rendering), δύο φορές σε ακίνητες εικόνες ανάλυσης 720x576 pixels (still images) υπό γωνία 45° περίπου, με φωτισμό και υφή. Μία με *συνθήκες διάχυσης και ανάκλασης του φωτός* (Global Illumination ή global illumination) και μία χωρίς.

Για την δημιουργία της ταινίας, εξήχθησαν τα επιμέρους κομμάτια σε σειρές εικόνων (frame sequences). Η εξαγωγή σε εικόνες προτιμήθηκε διότι προσφέρει μεγαλύτερο έλεγχο¹². Για την παραγωγή ενός τελικού αρχείου βίντεο, το μοντάζ, η εξαγωγή και συμπίεση έγινε στο λογισμικό Adobe Premiere Pro.

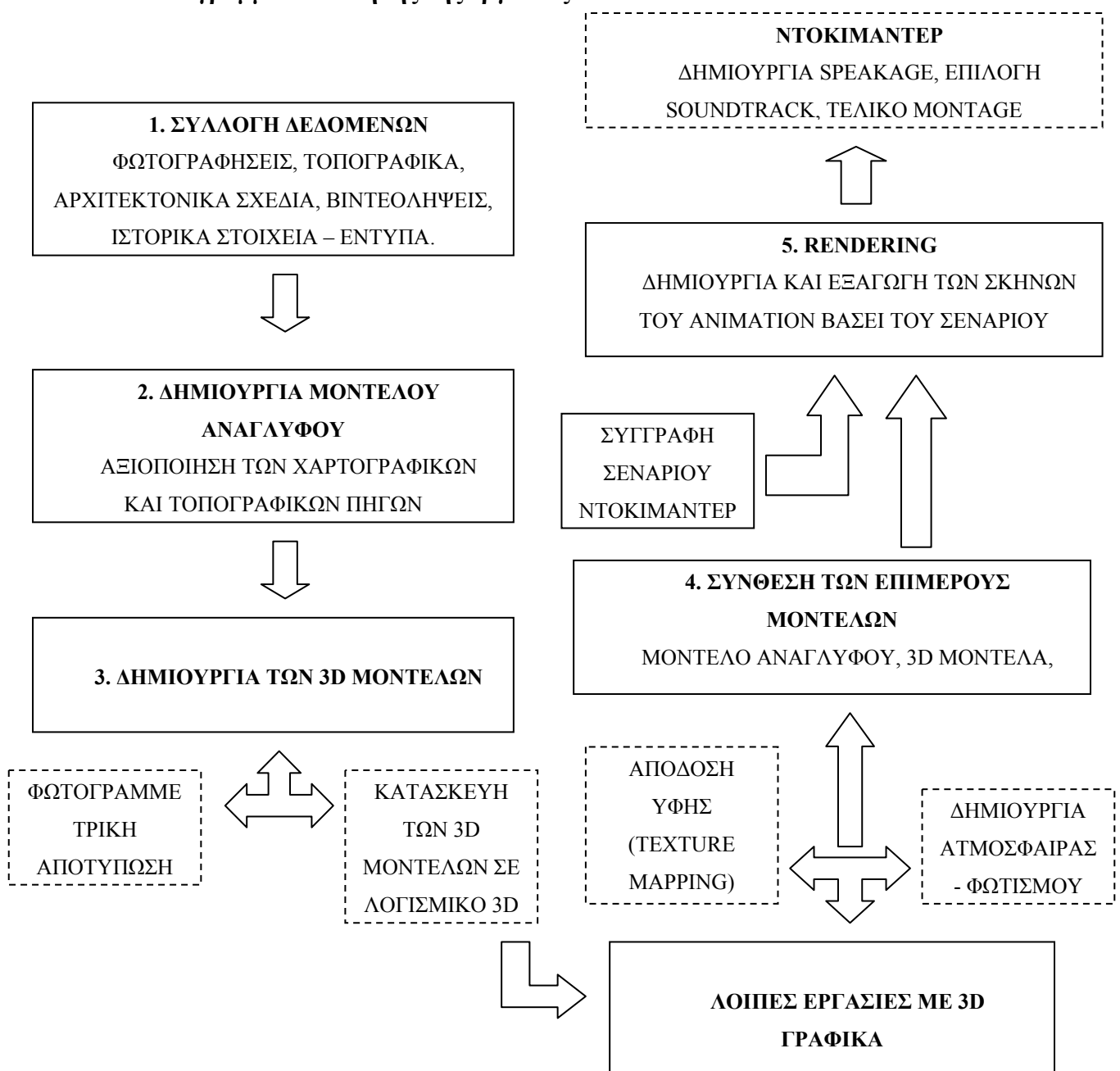
¹² Αν ένα frame στο video δεν υλοποιήθηκε σωστά κατά το rendering, δεν υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης του, σε αντίθεση με σειρές εικόνων

5.9 Μικρού μήκους ταινία

Δημιουργήθηκε ένα σενάριο τύπου ντοκιμαντέρ, με συγκεκριμένο speakage που έγινε από τον Θεόφιλο Καπετάνιο στο εργαστήριο επεξεργασίας ψηφιακού βίντεο και ήχου του ΠΠΤΕ. Το σενάριο παρατίθεται στο παράρτημα.

Η επεξεργασία του βίντεο (video track) έγινε στο λογισμικό Adobe Premiere Pro, του ήχου στο λογισμικό Sony Soundforge και η τελική παραγωγή του DVD στο λογισμικό Adobe Encore DVD.

5.10 Διάγραμμα υλοποίησης της εργασίας



ΜΕΡΟΣ 3^ο - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Αποτελέσματα

ΚΤΙΡΙΟ	ΧΡΟΝΟΣ ¹³ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ TEXTURING	ΧΡΟΝΟΣ RENDERING ¹⁴	
			Χωρίς Global Illumination	Με Global Illumination
Καθολικό	5 ημέρες	1 ημέρα	-	-
Στάνη 1	1 ημέρα	1/2 ημέρα	20 sec	39 sec
Κτίριο 3	1 ημέρα	1/2 ημέρα	14 sec	1 min 18 sec
Κτίριο 1	1 ημέρα	1/2 ημέρα	15 sec	23 sec
Περίβολος	15 ημέρες	3 ημέρες	sec	min
Στάνη 2	1 ημέρα	1/2 ημέρα	25 sec	1 min 33 sec
Στάνη 3	1 ημέρα	1/2 ημέρα	20 sec	45 sec
Κτίριο 4	1 ημέρα	1/2 ημέρα	14 sec	26 sec
Κτίριο 2	2 ημέρες	1/2 ημέρα	17 sec	1 min 13 sec
Πύργοι	4 ημέρες	1/2 ημέρα	-	-
Αγ. Πάντες	2 ημέρες	1/2 ημέρα	34 sec	13.5 min

Πίνακας 1: Χρόνος μοντελοποίησης, απόδοσης υφής και rendering για το κάθε κτίριο του μοναστηριακού συγκροτήματος.

¹³ Για τη μέτρηση του χρόνου σε ημέρες, ορίστηκε μία εργάσιμη ημέρα δηλαδή 8 περίπου ώρες

¹⁴ Χρόνος που χρειάστηκε για κάθε μοντέλο του μοναστηριακού συγκροτήματος (με φωτισμό και σκιάς) να εξαχθεί σε μία απλή εικόνα χωρίς Global Illumination και μία απλή εικόνα με Global Illumination (αλλιώς, global illumination). Προφανώς, οι πύργοι και το Καθολικό εφόσον βρίσκονται εντός του μοναστηριακού περιβάλλου, δεν εξήχθησαν σε ξεχωριστά αρχεία.

	ΣΧΕΔΙΟ	ΦΩΤΟΓΡΑΦΗΣΗ	ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ	3D ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ
ΚΑΘΟΛΙΚΟ	•	•		•
ΣΤΑΝΗ 1		•		•
ΣΤΑΝΗ 2		•		•
ΚΤΙΡΙΟ 1		•		•
ΚΤΙΡΙΟ 2		•		•
ΚΤΙΡΙΟ 3	•	•	•	•
ΚΤΙΡΙΟ 4		•		•
ΠΕΡΙΒΟΛΟΣ	•	•		•
ΣΤΑΝΗ 3		•		•
ΑΓ. ΠΑΝΤΕΣ	•	•	•	•

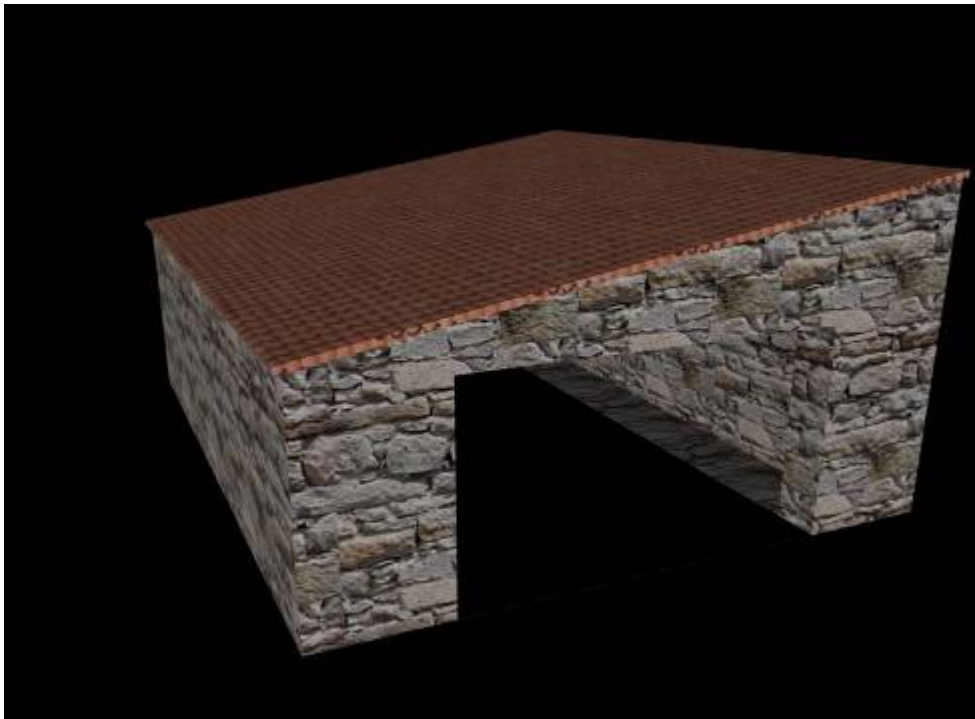
Πίνακας 2: Συγκεντρωτικός πίνακας κτιρίων και κτισμάτων που μοντελοποιήθηκαν.



Εικόνα 8: Το Καθολικό του μοναστηριού (Άγιος Ιωάννης Θεολόγος).



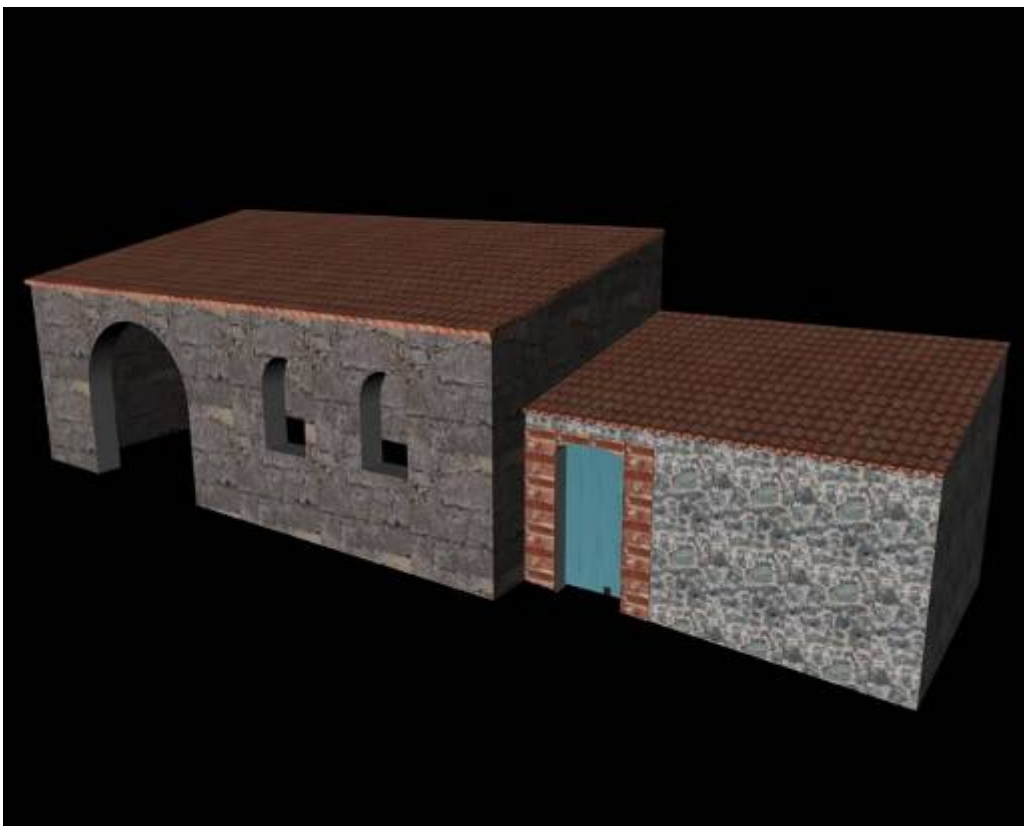
Εικόνα 9: Το ένα κωδωνοστάσιο του μοναστηριού.



Εικόνα 10: Η πρώτη στάνη του μοναστηριού.



Εικόνα 11: Το κοιμητηριακό παρεκκλήσι των Αγίων Πάντων.



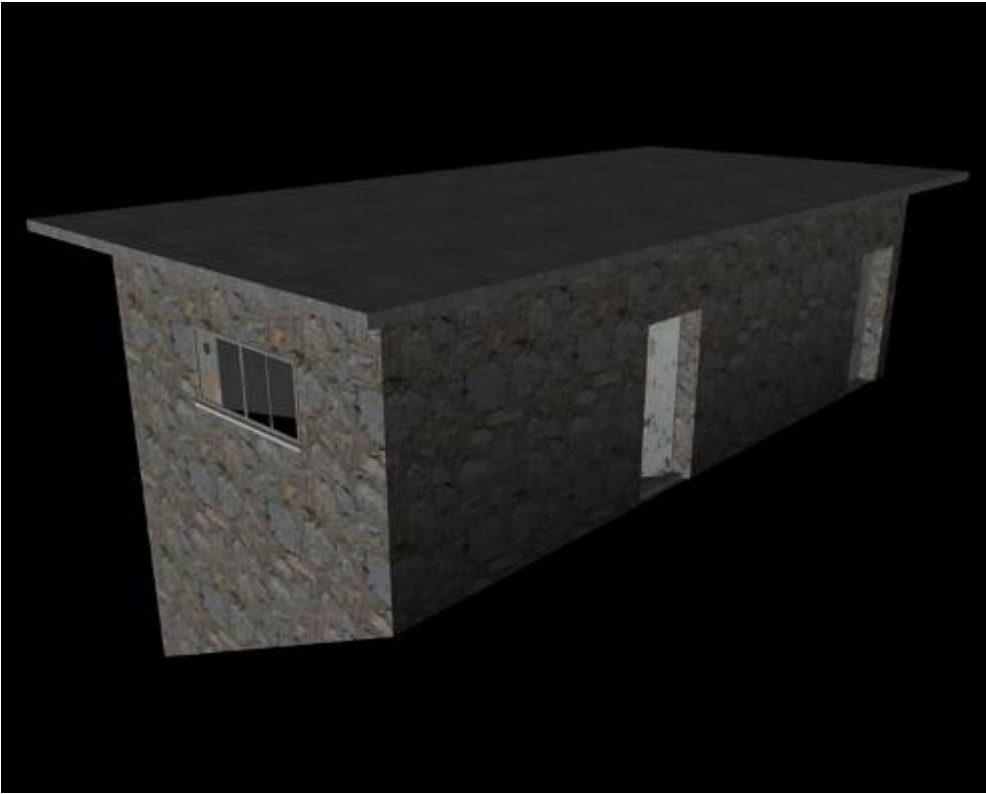
Εικόνα 12: Το κτίριο «1», αποθήκες.



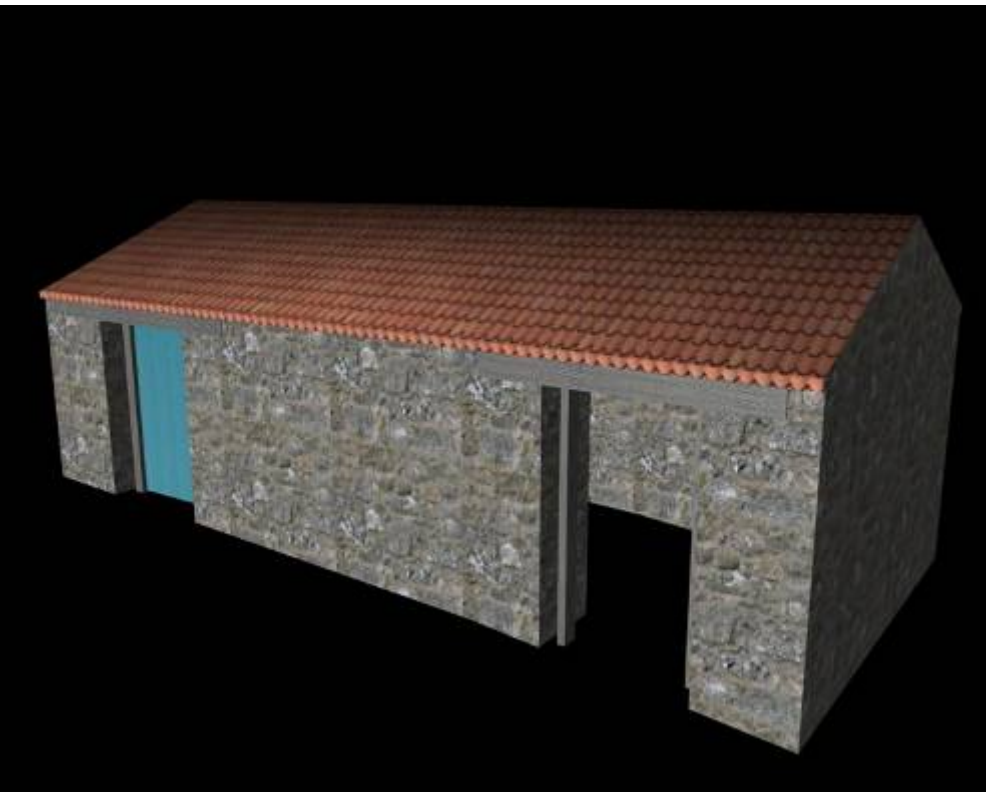
Εικόνα 13: Το κτίριο «2», ξενώνας του μοναστηριού.



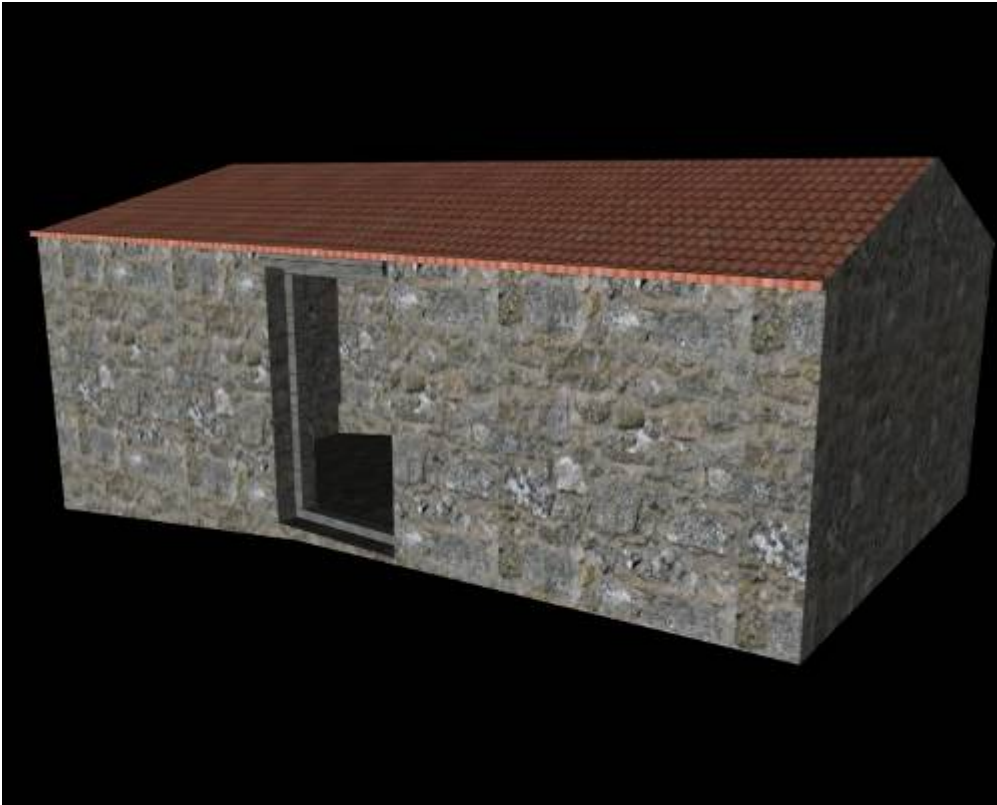
Εικόνα 14: Το κτίριο «3», βοηθητικό κτίριο και αποθήκη.



Εικόνα 15: Το κτίριο «4», βοηθητικό κτίριο και αποθήκη.



Εικόνα 16: Η δεύτερη σtάνη του μοναστηριού.



Εικόνα 17: Η τρίτη σtάνη του μοναστηριού.



Εικόνα 18: Ο μοναστηριακός περίβολος και εντός αυτού το Καθολικό του Αγίου Ιωάννη του Θεολόγου.

6.2 Προβλήματα

Πρώτο και κύριο «πρόβλημα» είναι η διαπίστωση ότι **ο συμβολισμός και ο ρεαλισμός συνυπάρχουν**. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται από τους Ervin και Hasbrouck, δεν υπάρχει τέλειο ή ουδέτερο μοντέλο. Όλα τα μοντέλα είναι ατελή και περιέχουν απλοποιήσεις και αφαιρετικότητα, ακόμη και παραμόρφωση της πραγματικότητας (Ervin S., Hasbrouck H. 2001). Στην εργασία αυτή, η διαπίστωση μεταφράζεται ως εξής:

- Στην υποθετική περίπτωση όπου θα υπήρχε περισσότερος χρόνος να διατεθεί για modelling, τα μοντέλα των κτιρίων του μοναστηριακού συγκροτήματος πάλι θα περιέχουν αφαίρεση και απλοποίηση.
- Η βλάστηση στη συγκεκριμένη περίπτωση συμπληρώνει την οπτικοποίηση, δεν είναι το κύριο θέμα της. Επομένως, η χρήση έτοιμων μοντέλων και η επιλεκτική τοποθέτηση 3D μαζί με 2D δένδρων, σημαίνει αυτόματα συμβολισμό και απόσταση από την πραγματικότητα. Αντιμετώπιση του προβλήματος της βλάστησης, θα μπορούσε να θεωρηθεί η -κατά το δυνατόν- επιλογή όμοιων 3d μοντέλων δέντρων, με αυτά της περιοχής υπό αναπαράσταση.
- Η οπτικοποίηση της επιφάνειας της γης, εξαρτάται από την ακρίβεια και χωρική ανάλυση του μοντέλου αναγλύφου. Η έκταση του μοντέλου αναγλύφου εξαρτάται από την υπολογιστική ισχύ, επομένως ένα μοντέλο υψηλής ακρίβειας (4m ισοδιάσταση) δεν μπορεί παρά να παραχθεί για μία μικρή γεωγραφική περιοχή. Στην προκειμένη περίπτωση, το αρχικό σχέδιο οπτικοποίησης αφορούσε 5 τετραγωνικά χιλιόμετρα, μειώθηκε όμως στα 0.5 όπου και πάλι, η υπολογιστική ισχύς είναι μετά βίας αποδοτική.

Δεύτερο σημαντικό πρόβλημα, είναι **η υπολογιστική ισχύς εν γένει**. Οι απεικονίσεις που προκύπτουν από την ψηφιακή οπτικοποίηση, εξαρτώνται απόλυτα από την υπολογιστική ισχύ.

- Έτσι, για μία στατική απεικόνιση, δηλαδή εικόνα, η τρέχουσα τεχνολογία και εξοπλισμός είναι επαρκής¹⁵.

¹⁵ Ας σημειωθεί ότι όλο το εγχείρημα βασίστηκε σε χαμηλού προϋπολογισμού, εμπορικούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές «οικιακής» χρήσης.

- Για μια διαδραστική απεικόνιση, όπως λ.χ. το quick time VR, ο εξοπλισμός είναι πάλι επαρκής.
- Όσον αφορά όμως την μη στατική απεικόνιση, δηλαδή το animation και το βίντεο, εδώ η ισχύς μόλις επαρκεί.
- Όσον αφορά την τέταρτη διάσταση, τον χρόνο, ο εξοπλισμός δεν επαρκεί. Στάθηκε αδύνατο να δημιουργηθεί animation που θα απεικονίζει λ.χ. το θρόισμα των φύλλων, το πέταγμα των πουλιών ή ακόμη και τους τουρίστες που εισέρχονται στο μοναστήρι, το αυτοκίνητο όχημα που σταθμεύει κλπ. Ο εξοπλισμός δεν μπορούσε να ανταποκριθεί.

Τρίτο σημαντικό πρόβλημα το οποίο συναντήθηκε, ήταν **η χρήση της φωτογραμμετρίας** για μοντελοποίηση λόγω έλλειψης αρχιτεκτονικών σχεδίων για όλα τα κτίρια του συγκροτήματος.

- Η φωτογραμμετρία απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις φωτογραφίας και επεξεργασίας εικόνας.
- Δεν έγινε εφικτό να μοντελοποιηθούν όλα τα κτίρια βάσει φωτογράφησης, οι διαστάσεις των κτιρίων και η σχετική θέση τους εντός του περιβάλλοντος, δεν επέτρεπε την σωστή φωτογράφηση τους. Τελικά, κρίθηκε προτιμότερο να μοντελοποιηθούν τα κτίρια από τα υπάρχοντα σχέδια, και τα υπόλοιπα με απλές μετρήσεις διαστάσεων και περιμέτρου με μετροταινία.
- Αν και 2 κτίρια μοντελοποιήθηκαν βάσει φωτογραμμετρικής αποτύπωσης, υπήρξε το δίλημμα αν θα χρησιμοποιηθούν στην τελική οπτικοποίηση. Προς χάριν ομοιομορφίας όμως, χρησιμοποιήθηκαν μόνο τα μοντέλα που δημιουργήθηκαν απευθείας σε περιβάλλον λογισμικού 3D γραφικών.

Όσον αφορά τις **διαδικασίες στα 3D γραφικά**, την επεξεργασία και υλοποίηση τους, δύο είναι τα πιο σημαντικά προβλήματα που προέκυψαν και **δεν** αντιμετωπίστηκαν, λόγω πίεσης χρόνου:

- Όπως προαναφέρθηκε, η βασική μέθοδος δημιουργίας και επεξεργασίας των 3D γραφικών που επιλέχθηκε, είναι η μέθοδος CSG με τα Boolean objects. Αυτή η μέθοδος κρύβει ορισμένα προβλήματα, ένα εκ των οποίων μπορεί να αποβεί πολύ χρονοβόρο στην αντιμετώπιση του: η εμφάνιση περιττών σημείων, ακμών και πολυγώνων που επηρεάζουν την γενική συμμετρία και σωστή απεικόνιση των

επιφανειών των μοντέλων. Στις εικόνες 19 και 20, φαίνονται δύο παραδείγματα του προβλήματος.

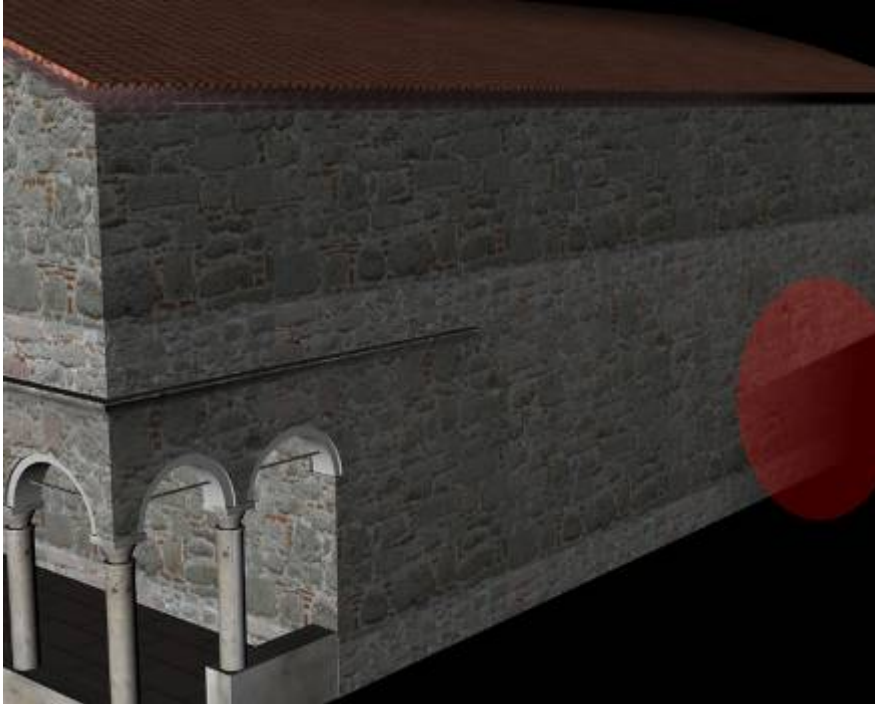
- Το μεγαλύτερο ίσως πρόβλημα που συναντήθηκε, εντοπίζεται στις υφές των πραγματικών επιφανειών των κτιρίων (textures) και στην απόδοση τους επάνω στις επιφάνειες των μοντέλων. **A)** Η επιλογή μεταξύ ρεαλιστικών υφών (image textures) και έτοιμων υφών από βιβλιοθήκες (texture libraries). Ουσιαστικά χρησιμοποιήθηκαν και οι δύο κατηγορίες υφών¹⁶, κάτι που εν τέλει αποτελεί ανομοιομορφία και ατέλεια. **B)** Οι διαφορετικές συνθήκες φωτισμού της εκάστοτε φωτογράφισης. Σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να επιτευχθεί φωτογράφιση με τον ίδιο φωτισμό, λαμβάνοντας υπ' όψη ότι τα κτίρια του μοναστηριακού συγκροτήματος «βλέπουν» σε όλες τις κατευθύνσεις του ορίζοντα¹⁷. Επομένως, αρκετά κτίρια έλαβαν υφές από φωτογραφίες με διαφορετικό φωτισμό. Ας σημειωθεί ότι υφίστανται τεχνικές εξομάλυνσης και εξομοίωσης των τόνων και της αντίθεσης διαφορετικού φωτισμού εικόνων. Οι τεχνικές αυτές όμως, είναι χρονοβόρες και απαιτούν εξειδικευμένη γνώση λογισμικών επεξεργασίας εικόνας. **Γ)** Το πρόβλημα της κάλυψης των επιφανειών από τις αποδιδόμενες υφές¹⁸. Για να επιτευχθεί ακριβές image texturing, πρέπει να αποδοθεί στην εκάστοτε επιφάνεια, ολόκληρη η φωτογραφία της, γεγονός απαγορευτικό από άποψης μεγέθους αρχείου όταν η επιφάνεια αυτή είναι τοίχοι και τείχη, πολύ μεγάλων διαστάσεων σε πλάτος αλλά και σε ύψος. Επιπλέον δε, είναι πρακτικά σχεδόν αδύνατη η σωστή φωτογράφιση τέτοιων επιφανειών, ιδιαίτερα στη συγκεκριμένη τοποθεσία. Λύση θα μπορούσε να δώσει η τμηματική απόδοση των φωτογραφιών, κάτι που όμως επίσης δεν επιτεύχθηκε λόγω αδυναμίας φωτογράφισης ολόκληρων των επιφανειών ορισμένων κτιρίων και κυρίως του

¹⁶ Παράδειγμα: σε περιπτώσεις όπου η απόδοση φωτογραφικής υφής είναι αδύνατη, όπως λ.χ. ένα σκουριασμένο λουκέτο, επιλέχθηκαν textures από έτοιμες βιβλιοθήκες. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκαν οι φωτογραφήσεις του μοναστηριού και έγινε μετά-επεξεργασία τους, προκειμένου να εξαχθούν textures για τις επιφάνειες των μοντέλων.

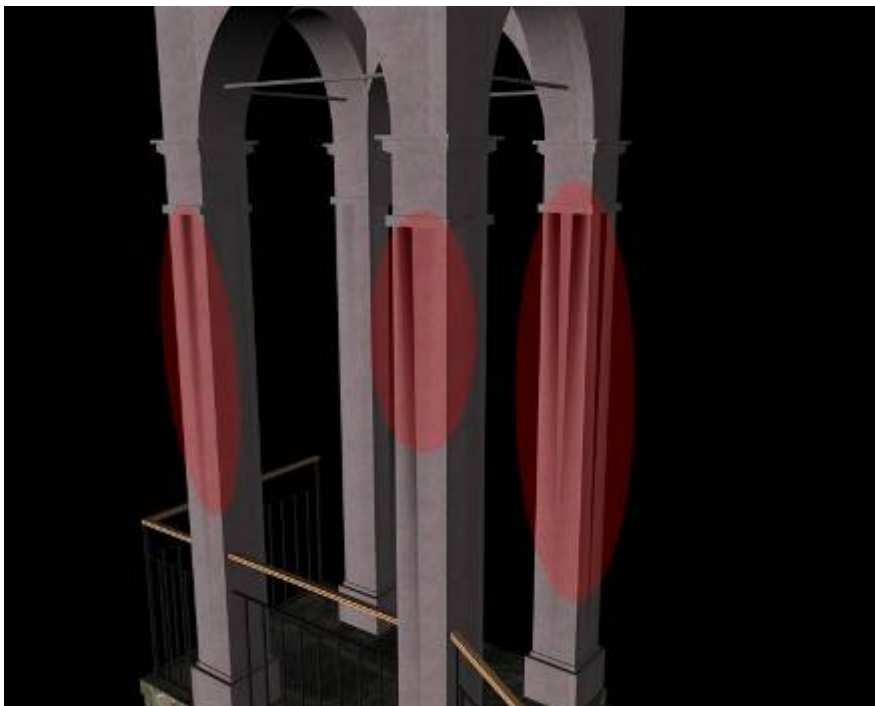
¹⁷ Για παράδειγμα, ακόμη και αν η φωτογράφιση όλων των πλευρών των κτιρίων γινόταν μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα ούτως ώστε να μην αλλάξει σημαντικά το ύψος του ηλίου, εμπόδιο αποτελεί το γεγονός ότι διαφορετικό φωτισμό θα έχει η νότια πλευρά και διαφορετικό η βόρεια πλευρά ενός κτιρίου κ.ο.κ.

¹⁸ Το πρόβλημα συναντάται είτε πραγματοποιείται image texturing, είτε αποδίδονται έτοιμες υφές από βιβλιοθήκες.

μοναστηριακού περιβόλου. Στις εικόνες 21 και 22, φαίνονται δύο παραδείγματα των προβλημάτων που αναφέρθηκαν για την απόδοση υφής.



Εικόνα 19: Πρόβλημα που δημιουργήθηκε από την εμφάνιση περιττού σημείου κατά την μοντελοποίηση του καθολικού (εντός της κόκκινης διαφανούς έλλειψης).



Εικόνα 20: Πρόβλημα που δημιουργήθηκε από την εμφάνιση περιττών σημείων κατά την μοντελοποίηση του κωδωνοστασίου (εντός των κόκκινων διαφανών ελλείψεων).



Εικόνα 21: Το πρόβλημα της κάλυψης των επιφανειών κατά την απόδοση υφής. Είναι προφανής η επανάληψη της υφής και το οπτικό αποτέλεσμα της.



Εικόνα 22: Η «μίξη» φωτογραφικών υφών με έτοιμες υφές βιβλιοθηκών, είναι εμφανής σε αυτήν την εικόνα. Διαφαίνεται επίσης ότι για σχετικά μικρές επιφάνειες, πλήρες image texture, είναι εφικτό (στην είσοδο).

6.3 Αξιολόγηση - Συμπεράσματα

Στις παρακάτω παραγράφους, παρατίθεται σχολιασμός επί του συνολικού πονήματος, θεωρητικού και τεχνικού όσον αφορά τον χρόνο, την ακρίβεια αναπαράστασης, τον ρεαλισμό αναπαράστασης και το μοντέλο αναγλύφου.

- Χρόνος:** ανεξαρτήτως σε τι είδους εφαρμογή θα χρησιμοποιηθούν, πλην απλών στατικών εικόνων, τα 3d γραφικά προϋποθέτουν άριστη οργάνωση του διαθέσιμου χρόνου εργασίας και προπάντων πρόνοια ούτως ώστε ένα μεγάλο κομμάτι του διαθέσιμου χρόνου να διατίθεται σε rendering. Αν ληφθεί υπ' όψη ότι ένα κινηματογραφικό δευτερόλεπτο αποτελείται από 25 καρέ (frame, στο σύστημα PAL), επομένως 1 λεπτό της ώρας αποτελείται από $25 \cdot 60 = 1500$ καρέ: στο παράδειγμα αυτής της εργασίας όπου τέθηκε στόχος δημιουργίας ενός 3λεπτου animation, τότε με μέσο χρόνο rendering με συνθήκες ανάκλασης και διάχυσης φωτός (Global Illumination) 10 λεπτά, έχουμε $4500 \text{ καρέ} \cdot 10 \text{ λεπτά} = 45000 \text{ λεπτά}$ ή 750 ώρες ή αλλιώς **31 ημέρες** αδιάκοπου rendering! Ας σημειωθεί ότι οι παραπάνω ισότητες, προκύπτουν από δοκιμές σε εμπορικό υπολογιστή τελευταίας τεχνολογίας και μεγάλης επεξεργαστικής ισχύος.
- Ακρίβεια αναπαράστασης:** Είναι αδύνατη η ακριβής αναπαράσταση σε αυτό το επίπεδο λεπτομέρειας (εξωτερικές προσόψεις κτιρίων και άλλες λεπτομέρειες), χωρίς λεπτομερή και ακριβή αρχιτεκτονικά σχέδια. Η φωτογραμμετρική αποτύπωση μπορεί να γίνει η λύση στο πρόβλημα αυτό, προϋποθέτει όμως πολύ καλή γνώση φωτογράφισης, επεξεργασίας εικόνας, αλγεβρικών πράξεων και μετρικών φωτογραφικών μηχανών. Η επιτόπια μέτρηση αποστάσεων και μεγεθών στον υπό αναπαράσταση χώρο, δεν συνίσταται γιατί ούτως ή άλλως ισοδυναμεί με εκπόνηση τοπογραφικών ή αρχιτεκτονικών σχεδίων.
- Ρεαλισμός αναπαράστασης:** Η πιο σημαντική διαπίστωση αυτού του πονήματος -ήδη προαναφέρθηκε- είναι ότι ρεαλισμός και συμβολισμός συνυπάρχουν. **Προσοχή**, ο σχολιασμός εδώ, δεν απαντά στον αν πρέπει ή όχι να συνυπάρχουν, είναι απλά διαπίστωση. Ακόμη και δεδομένης της ύπαρξης καλών αρχιτεκτονικών σχεδίων, δεν είναι δυνατός ο ρεαλισμός στον ύψιστο βαθμό, είναι πρακτικά και από άποψη μεγεθών / λογισμικών αδύνατος. Όσον αφορά τον φωτορεαλισμό, από τις 10 αρχές του Bill Fleming, εφαρμόστηκαν στην προκειμένη περίπτωση οι 4

αρχές (Surface texture, specularity, dirt/ dust / rust, Global Illumination) σε μέτριο έως χαμηλό βαθμό ενώ σύμφωνα με τον ίδιο για να θεωρείται ένα γραφικό φωτορεαλιστικό πρέπει να πληρεί τουλάχιστον τις 6 από τις 10 αρχές.

- **Μοντέλο αναγλύφου:** **1)** Στην προκειμένη περίπτωση η αναπαράσταση των κτισμάτων σε αυτήν την κλίμακα απαιτεί ανάλογης κλίμακας μοντέλο. Επομένως το μοντέλο αναγλύφου που προέκυψε από τοπογραφικό διάγραμμα κλίμακας 1:5000 (ότι καλύτερο σε ανάλυση υπήρχε για την περιοχή) δεν επαρκεί για τα κτίρια που μοντελοποιήθηκαν σε μια κλίμακα περίπου 1: 2000 - 1: 1000. Στην υποθετική περίπτωση όπου υπήρξε μοντέλο αναγλύφου τέτοιας κλίμακας, θα ήταν αρκετά μεγαλύτερο σε μέγεθος αρχείου και θα έκανε τα πράγματα δυσκολότερα. **2)** Η περιοχή που αναπαριστά το μοντέλο αναγλύφου, δεν μπορεί να είναι πολύ μεγάλη σε έκταση, πάλι λόγω μεγέθους αρχείου. **3)** Η μέθοδος TIN, αν και είναι η καλύτερη μέθοδος αναπαράστασης του αναγλύφου, δημιουργεί ένα πλέγμα χιλιάδων τριγώνων που στο λογισμικό 3d δεν είναι εύκολα επεξεργάσιμα. Παράλληλα, η οπτική ποιότητα του μοντέλου απαιτεί βελτίωση, κάτι που επιτυγχάνεται «ανώδυνα» με ομαλοποίηση των τριγώνων με χρήση αντικειμένου hypernurbs. Εν τούτοις, η χρήση του hypernurbs ανεβάζει τον χρόνο rendering κατακόρυφα.

6.4 Προοπτικές

Δύο προοπτικές διαφαίνονται στο προσεχές μέλλον: 1) Η δημοσίευση εφαρμογής¹⁹ από την Μητρόπολη Μυτιλήνης, στις οποίας την διοικητική δικαιοδοσία εμπίπτει η μονή Υψηλού και ήδη εξεδήλωσε ενδιαφέρον, 2) Η δημοσίευση του τρισδιάστατου μοντέλου του μοναστηριακού συγκροτήματος στο Google Earth, με το εργαλείο Google Sketch Up.

Η Μητρόπολη Μυτιλήνης στην οποία ούτως η άλλως θα κατατεθεί ένα αντίτυπο της εργασίας μαζί με DVD, προτίθεται να εξετάσει προοπτική έκδοσης και διάθεσης μικρού μήκους ντοκιμαντέρ.

Μέσω του Google Earth που διατίθεται δωρεάν, θα μπορεί κανείς να «εξερευνήσει» στις τρεις διαστάσεις το μοντέλο του μοναστηριού, σε μικρότερο επίπεδο λεπτομέρειας όμως. Η γενίκευση (generalization / optimization) των 3D μοντέλων είναι επιβεβλημένη, καθώς τα «βαριά» και υπερμεγέθη αρχεία δεν «φορτώνονται» γρήγορα ακόμα και σε ταχύτερες συνδέσεις internet, με αποτέλεσμα οι χρήστες να προσπερνούν την αρχική τους επιθυμία να «εξερευνήσουν» τα τρισδιάστατα μοντέλα.

Τέλος, η βασική προοπτική εξέλιξης αυτής της εργασίας, είναι μέσω της μελλοντικής υποψηφιότητας διδακτορικού διπλώματος του γράφοντος, στο τμήμα Γεωγραφίας, στον τομέα της τρισδιάστατης χαρτογραφίας και γεω-οπτικοποίησης.

¹⁹ Εφαρμογή που ενδέχεται να περιλαμβάνει την μικρού μήκους ταινία καθώς και εικονικά περιβάλλοντα περιήγησης στο μοναστηριακό συγκρότημα, σε μορφή Quick Time VR.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BISHOP I. D. Σημειώσεις στο μάθημα Environmental Visualization, *Department of Geomatics, Engineering Faculty, University of Melbourne*
- DONALDSON-SELBY G. HILL T. KORRUBEL J. “Photorealistic visualization of urban greening in a low-cost high-density housing settlement, Durban, South Africa” *Urban Foresrty & Urban Greening (6) 3-14, 2006*
- EL-HAKIM SABRY et. Al. “Detailed 3D Reconstruction of monuments using multiple techniques” *Institute for Information Technology, National Research Council, Ottawa, Ontario Canada*
- EL-HAKIM SABRY et. Al. “Towards Automatic Modelling of Monuments and Towers” *Institute for Information Technology, National Research Council, Ottawa, Ontario Canada*
- ERVIN S. HASBROUCK H. “Landscape Modelling” *McGraw-Hill, 2001*
- FISHER P. UNWIN D. “Virtual Reality in Geography” *CRC Press, 2002*
- FLEMING B. “3D Photorealism Toolkit”, *John Wiley & Sons, Inc. 2000*
- GRUEN AR. et al. “3D modeling and visualization of large cultural heritage sites at very high resolution: The Bamiyan valley and its standing Buddhas” *Institute for Geodesy and Photogrammetry ETH, Zurich, Switzerland*
- GRUSSENMEYER P. et. Al. “3D Geometric and semantic modeling in historic sites” *XVII CIPA International Symposium, Olinda Brazil, October 1999*
- HANKE K. et al. “The medieval Fortress Kufstein – an example for the restitution and visualization of cultural heritage” *University of Innsbruck, Austria 2002*
- LANGE E. BISHOP I.D. “Visualization in Landscape and Environmental Planning” *Taylor and Francis, 2005*
- LEVOY M. et.al. “The Digital Michelangelo Project: 3D scanning of large statues” *Computer Science Department, Stanford University, Computer Science Department and Engineering Department, Washington University, Cyberware INC.*
- MAUNE DAVID F. “Digital Elevation Model Technologies and Applications: the DEM Users Manual” *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Bethesda, Maryland 2001*
- MCCORMICK, B. H., T. A. DEFANTI, AND M. D. BROWN (eds.), «Visualization in scientific computing», *Computer Graphics, 21 (6), November 1987*

- PAYAM G. AND BISHOP IAN D. “Composition of Augmented Reality and GIS to visualize Environmental Changes”, *Presented in the joint AURISA and Institution of Surveyors Confernece, Adelaide, South Australia, November 2002*
- SIDIROPOULOS G. VASILAKOS A. “Ultra-real or symbolic visualization? The case of the city trough time”, *Computers and Graphics (30) 299-310, 2006*
- SORBY, WYSOCKI & BAARTMANS, “Introduction to 3D Spatial Visualization an active approach” *Thomson Delmar Learning*
- STYLIADIS D. ATHANASIOS “Digital documentation of historical buildings with 3-d modeling functionality” *Department of Information Technology, The Alexander Institute of Technology and Education, Thessaloniki, Greece, September 2006*
- SUVEG I. VOSSELMAN G. “Reconstruction of 3D building models from aerial images and maps” *Photogrammetry and Remote Sensing, (58) 202-224, 2004*
- VISNOVCOVA JANA et. Al. “Generating a 3D model of Bayon tower using non-metric imagery” *Institute of Geodesy and Photogrammetry, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich*
- ΓΚΟΥΡΔΟΓΛΟΥ Γ., “3D Αναπαράσταση Πολιτισμικού Περιεχομένου” *Μεταπτυχιακή εργασία, ΠΜΣ ‘Πολιτισμική Πληροφορική’ Πανεπιστήμιο Αιγαίου*
- ΘΕΟΧΑΡΗΣ Θ., ΜΠΕΜ Α. “ΓΡΑΦΙΚΑ, Αρχές και Αλγόριθμοι”, *Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1999*
- ΚΛΕΟΜΒΡΟΤΟΥ ΙΑΚΩΒΟΣ, ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΗΣ ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ «Mytilena Sacra, Τόμος Πρώτος: Η Ιερά Μονή Υψηλού Λέσβου, Ιστορία – Τέχνη» *Αθήνα, 1970*
- ΚΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ Κ. “Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου”, *Παπασωτηρίου, Αθήνα 2003*
- ΠΑΠΑΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ Α. “Επεξεργασία δεδομένων ανακτημένων από τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών για την εισαγωγή τους σε Προγράμματα Τρισδιάστατης Απεικόνισης και την αξιοποίηση τους στην κατασκευή τρισδιάστατων μοντέλων εδάφους” *Μεταπτυχιακή εργασία, ΠΜΣ ‘Πολιτισμική Πληροφορική’ Πανεπιστήμιο Αιγαίου*
- ΠΑΥΛΟΓΕΩΡΓΑΤΟΣ Γ. “Διατήρηση της υλικής πολιτιστικής κληρονομιάς”, *Εκδόσεις Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη 2003*
- ΣΟΥΛΑΚΕΛΛΗΣ Ν. ΣΙΔΗΡΟΠΟΥΛΟΣ Γ. ΠΑΠΑΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ Α. “Οι νέες εξελίξεις στην οπτικοποίηση του γεωγραφικού χώρου με αρχαιολογικό ενδιαφέρον. Απαιτήσεις, παραδοχές και ζητήματα προς διερεύνηση” *υπό έκδοση Τμήμα Γεωγραφίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, 2007*

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Σενάριο του μικρού μήκους ντοκιμαντέρ (αφήγηση)

Αφήγηση: Πάνω απ’ την Άντισσα, σε μια κορυφή του όρους Όρδυμνος, μόνο του, προβάλλει επιβλητικό το μοναστήρι του Αγίου Ιωάννη Θεολόγου του Υψηλού, όαση σε ένα απέραντο άγονο τοπίο.

Ανηφορίζοντας τον πλακόστρωτο δρόμο που οδηγεί στο μοναστήρι, συναντάμε τα σημάδια της αυτάρκειας της μοναστικής ζωής.

Η πρώτη τεκμηριωμένη ιστορική αναφορά, εντοπίζεται σε πατριαρχικό έγγραφο, του 1331 μ.Χ. Όμως, στο φρουριακής αρχιτεκτονικής μοναστηριακό συγκρότημα, κτίσμα του 20^{ου} αιώνα, σώζονται ελάχιστα στοιχεία από την ένδοξη βυζαντινή του ιστορία.

Την ιστορία του μοναστηριού μαρτυρούν διάφορα σημαντικά έγγραφα, περγαμηνές, σπάνια εκκλησιαστικά βιβλία, ειλητάρια, αντιμήνσια, άμφια, επισκοπικές μήτρες και άλλα ιερατικά αντικείμενα, τα οποία φυλάσσονται στο μικρό μουσείο του.

Το καθολικό της μονής, μονόκλιτη ξυλόστεγη βασιλική σήμερα, ανακατασκευάστηκε για πρώτη φορά το έτος 1834. Ο αφιερωμένος στον Άγιο Ιωάννη τον Θεολόγο ναός, καταστράφηκε από πυρκαγιά το χειμώνα του 1967 και αναστηλώθηκε για δεύτερη φορά από τον πλωμαρίτη αρχιτέκτονα Γεώργιο Γιανουλέλλη.

Στο κοιμητήριο του μοναστηριού, τρία πελώρια πεύκα ρίχνουν την σκιά τους στο μικρό παρεκκλήσι των Αγίων πάντων που φιλοξενεί τοιχογραφίες του 1684 μ.Χ. Ελάχιστες από τις τοιχογραφίες αυτές, που φιλοτέχνησε ο κρητικός ζωγράφος Αντώνιος, σώζονται αυτούσιες, καθώς οι περισσότερες από αυτές έχουν υποστεί μεταγενέστερες επεμβάσεις.

Η ανδρική μονή του Αγίου Ιωάννη του Θεολόγου, «έσφυζε» κάποτε από ζωή. Σύμφωνα με το διαρκές μοναχολόγιο του μοναστηριού, το 1970 η μοναστική κοινότητα αριθμεί 15 μέλη. Φτάνοντας το 2007, η μονή αριθμεί τον ηγούμενο και έναν μοναχό.

Το ηλιοβασίλεμα της μοναστικής ζωής σε αυτό το άγονο και συνάμα μαγευτικό τοπίο, σηματοδοτεί η δύση από την πανοραμιακή τοποθεσία του μοναστηριού, για την οποία ο μητροπολίτης Ιάκωβος Κλεομβρότου αναφέρει χαρακτηριστικά: «Η δύσις τοῦ ἡλίου ἀποτελεῖ κάτι το ἐξάισιον».