



Γ' ΚΟΙΝΟΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗΡΙΞΗΣ

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΚΟΙΝΩΝΙΑ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ» 2000-2006

ΑΞΟΝΑΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ: 1 - ΠΑΙΔΕΙΑ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΣ
ΜΕΤΡΟ: 1.3 ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ, ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ
ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ



ΣΥΝΟΠΤΙΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΚΑΙ ΑΚΙΝΗΤΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

**ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΚΕΝΤΡΟ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ
ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗΣ, ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΟΛΗΣ ΚΙΝΗΤΩΝ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΑΚΙΝΗΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΧΩΡΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

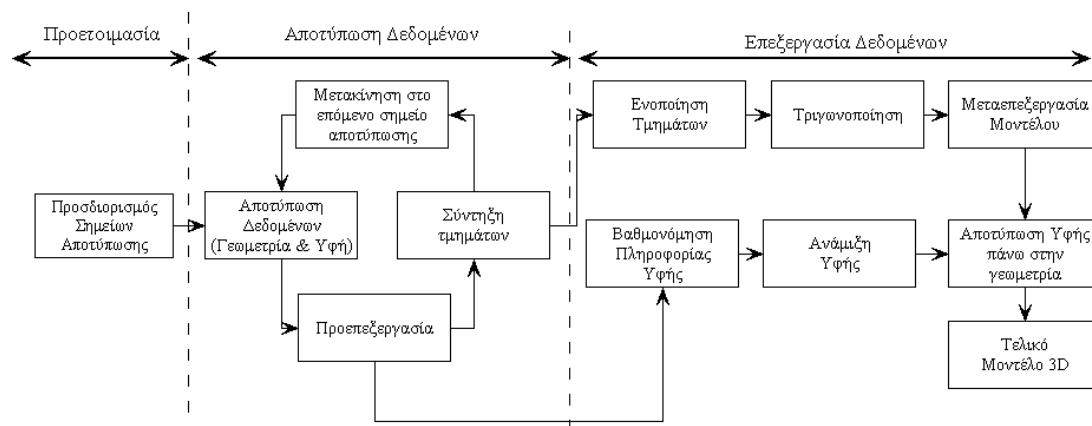
Στις ενότητες που ακολουθούν αναφέρονται συνοπτικά οι γενικές προδιαγραφές για την τρισδιάστατη ψηφιοποίηση, αποθήκευση, διαχείριση και προβολή κινητών πολιτιστικών αντικειμένων και ακίνητων μνημείων και χώρων.

Η τρισδιάστατη ψηφιοποίηση αποτελεί το πρώτο βήμα της συνολικής διαδικασίας πλήρους αποτύπωσης ενός πολιτιστικού αντικειμένου ή χώρου. Αποτελείται από πολλαπλά βήματα διαδικασιών και παρουσιάζει διαφοροποιήσεις ανάλογα με την περίπτωση. Λόγω της πολυπλοκότητας των αναγκών που προκύπτουν από τα ίδια τα αντικείμενα της ψηφιοποίησης, υπάρχει, σήμερα, μια πληθώρα μεθοδολογιών και τεχνολογιών. Ο στόχος κάθε τεχνικής είναι να αντιμετωπίσει με επιτυχία τα θέματα που αφορούν τόσο στην τρισδιάστατη ψηφιοποίηση ενός συγκεκριμένου τύπου αντικειμένων ή χώρων, όσο και στην ικανοποίηση συγκεκριμένων αναγκών και στόχων ενός συγκεκριμένου έργου ψηφιοποίησης (π.χ. πλήρης αποτύπωση, αποτύπωση για προβολή, αποτύπωση για εκμετάλλευση, κοκ).

Μετά τη διαδικασία της τρισδιάστατης ψηφιοποίησης, ανακύπτουν οι ανάγκες της αποθήκευσης και διαχείρισης των ψηφιακών δεδομένων, καθώς και της δυνατότητας προβολής και δημιουργίας κάθε μορφής αντιγράφων. Στις διαδικασίες αυτές ιδιαίτερη έμφαση θα πρέπει να δοθεί σε μεθοδολογίες διαχείρισης της ψηφιακής πληροφορίας, έτσι ώστε να διασφαλίζεται η εύκολη πρόσβαση και ανάκτηση τόσο για την περαιτέρω έρευνα όσο και την προβολή και τη δημιουργία αντιγράφων. Ειδικά ανεπτυγμένα πρότυπα και μοντέλα οργάνωσης της πληροφορίας εμπλέκονται εδώ (με ιδιαίτερης σημασίας πρότυπα όπως το MPEG-7) αν και πολλά από αυτά τα πρότυπα και μοντέλα βρίσκονται ακόμη σε ερευνητικό στάδιο.

ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ

Ένα γενικευμένο διάγραμμα των διαδικασιών που εμπλέκονται σε μια τρισδιάστατη ψηφιοποίηση φαίνεται στην Εικόνα 1.



Εικόνα 1. Διάγραμμα διαδικασιών τρισδιάστατης ψηφιοποίησης

Όπως είναι εμφανές από την εικόνα, η τρισδιάστατη ψηφιοποίηση είναι, στη γενική περίπτωση, μια πολυσύνθετη διαδικασία που αποτελείται από *τρεις βασικές φάσεις*:

- *Προετοιμασία*: κατά την οποία γίνονται οι απαιτούμενες προκαταρκτικές ενέργειες της ψηφιοποίησης, οι οποίες αφορούν από την τεχνική και τη μεθοδολογία ψηφιοποίησης που θα υιοθετηθεί έως το χώρο που θα πραγματοποιηθεί, θέματα ασφάλειας, προγραμματισμού εργασιών, κοκ
- *Αποτύπωση δεδομένων*: κατά την οποία πραγματοποιούνται οι κύριες διαδικασίες ψηφιοποίησης ακολουθώντας τη μεθοδολογία που καταρτίζεται στη φάση της προετοιμασίας
- *Επεξεργασία δεδομένων*: κατά την οποία γίνεται η τελική μοντελοποίηση των αποτελεσμάτων της ψηφιοποίησης με διαδικασίες όπως ενοποίηση τμηματικών σαρώσεων, τριγωνοποίηση, επεξεργασία γεωμετρικών δεδομένων, επεξεργασία υψής, ενσωμάτωση υψής στην πληροφορία γεωμετρίας

Το γενικό αυτό πλαίσιο δεν είναι αναγκαίο να ισχύει πάντοτε. Οι ιδιαιτερότητες των αντικειμένων και χώρων που ψηφιοποιούνται είναι αυτές που καθορίζουν, τις περισσότερες φορές, το τελικό πλαίσιο εφαρμογής των διαδικασιών ψηφιοποίησης. Ακόμη πιο σημαντικό είναι το γεγονός ότι οι ιδιαιτερότητες αυτές μπορεί να συμβάλλουν σημαντικότερα ή, ακόμη, και να καθορίζουν την επιλογή της τεχνικής που θα πρέπει να ακολουθηθεί. Ο χρυσός κανόνας εδώ είναι ότι *δεν υπάρχει μία γενικής χρήσης άριστη μέθοδος τρισδιάστατης ψηφιοποίησης*. Για την ακρίβεια, υπάρχουν περιπτώσεις όπου καμία από τις διαθέσιμες μεθόδους δεν μπορεί να οδηγήσει σε ικανοποιητικά αποτελέσματα τρισδιάστατης αποτύπωσης. Ο Πίνακας I συγκεντρώνει όλες τις διαθέσιμες (σήμερα) τεχνικές τρισδιάστατης ψηφιοποίησης. Στον πίνακα δίνεται ο τίτλος της μεθόδου, μια συνοπτική περιγραφή της καθώς και μια χαρακτηριστική εικόνα που αναπαριστά τη διαδικασία.

Πίνακας I. Μέθοδοι τρισδιάστατης ψηφιοποίησης



Σάρωση με ακτίνες λέιζερ (laser triangulation)

Προβολή δέσμης ή μοτίβου ακτίνων λέιζερ, ανίχνευση τους και εφαρμογή γεωμετρικών σχέσεων τριγωνοποίησης για την αναγνώριση γεωμετρίας



Σχήμα από δομημένο φωτισμό (shape from structured light)

Προβολή χρωματικού (ή όχι) μοτίβου, διδιάστατη φωτογράφιση και αναγνώριση γεωμετρίας από τις παραμορφώσεις στο μοτίβο



Σχήμα από σιλουέτες (shape from silhouette)

Πολλαπλή διδιάστατη φωτογράφιση και ανακατασκευή γεωμετρίας από τις πολλαπλές σιλουέτες



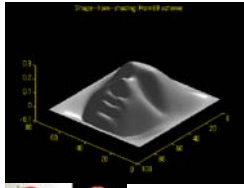
Σχήμα από στερεοφωτογράφιση (shape from stereo)

Αναγνώριση γεωμετρίας από ζεύγος διδιάστατων φωτογραφιών με χρήση κανόνων στερεοσκοπικής όρασης



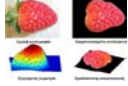
Σχήμα από κίνηση (shape from motion)

Αναγνώριση γεωμετρίας από πλήθος διδιάστατων φωτογραφιών με χρήση αλγορίθμων αναγνώρισης της τρίτης διάστασης παρόμοιους με τη μέθοδο Σχήμα από στερεοφωτογράφιση



Σχήμα από φωτοσκίαση (shape from shading)

Μέθοδος δημιουργίας τεχνητής, μεταβλητής και ελεγχόμενης φωτοσκίασης για την εξαγωγή τρισδιάστατης γεωμετρίας με εφαρμογή κανόνων οπτικής σε πλήθος διδιάστατων φωτογραφιών



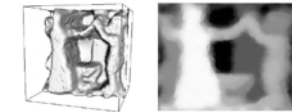
Σχήμα από υφή (shape from texture)

Ανάκτηση πληροφορίας τρίτης διάστασης σε διδιάστατες φωτογραφίες με την εκμετάλλευση πληροφορίας προσανατολισμού και διάχυσης δομικών στοιχείων επιφανειακής υφής



Σχήμα από φωτομετρία (shape from photometry)

Μέθοδος λήψης διδιάστατων φωτογραφιών υπό διαφορετικές συνθήκες φωτισμού και ανάκτηση τρισδιάστατης γεωμετρίας μέσω αλγορίθμων οπτικής



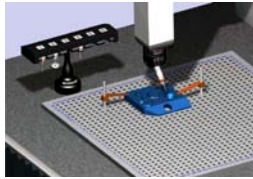
Σχήμα από μεταβαλλόμενη εστίαση (shape from focus)

Ανάκτηση τρίτης διάστασης σε επιφάνειες μέσω σειράς διδιάστατων φωτογραφιών με ελεγχόμενα μεταβαλλόμενη εστίαση



Σχήμα από σκιά (shape from shadow)

Ανάκτηση γεωμετρίας μέσω παρακολούθησης της σκιάς σε διαδοχική διδιάστατη φωτογράφιση σε συνθήκες όπου υπάρχει μετακινούμενη πηγή φωτός



Σάρωση με συστήματα αφής (measuring systems)

Ανάκτηση γεωμετρίας μέσω συνεχούς επαφής ειδικού αισθητηρίου αφής με το αντικείμενο που ψηφιοποιείται

Ο Πίνακας II παρουσιάζει κάποια από τα βασικότερα χαρακτηριστικά ενός συστήματος τρισδιάστατης ψηφιοποίησης, ενώ ένας πιο συνοπτικός πίνακας χαρακτηριστικών που μπορεί να αποτελέσουν κριτήρια επιλογής μεθόδου και συστήματος τρισδιάστατης ψηφιοποίησης κινητών πολιτιστικών αντικειμένων είναι ο Πίνακας III, στον οποίο αναφέρονται και οι πιθανές ρεαλιστικές επιλογές για κάθε κριτήριο.

Πίνακας II. Βασικά χαρακτηριστικά συστήματος τρισδιάστατης σάρωσης

Βασικά χαρακτηριστικά ενός τρισδιάστατου σαρωτή

1. Οπτικό πεδίο σάρωσης και ταχύτητα αποτύπωσης
2. Ακρίβεια αποτύπωσης τρισδιάστατης γεωμετρίας
3. Ανάλυση αποτύπωσης του σαρωτή
4. Αποτύπωση πληροφορίας υφής και ποιότητα αυτής
5. Ακρίβεια αντιστοίχισης γεωμετρικής πληροφορίας και πληροφορίας υφής
6. Επίπεδο φιλικότητας προς το χρήστη
7. Διαδικασία βαθμονόμησης (απαιτούμενος χρόνος και ευκολία αποπεράτωσης)
8. Περιβαλλοντολογικά χαρακτηριστικά για ορθή λειτουργία του σαρωτή
9. Μέσος όρος συνολικού χρόνου αποτύπωσης ενός αντικειμένου
10. Μέσος όρος συνολικού χρόνου επεξεργασίας του τρισδιάστατου μοντέλου
11. Ανάγκη χρήσης λογισμικού από άλλες εταιρείες για επεξεργασία
12. Φορητότητα του συστήματος
13. Υπολογιστικές απαιτήσεις
14. Υποστηριζόμενα format τρισδιάστατων αρχείων για εξαγωγή μοντέλων

Βασικά χαρακτηριστικά ενός τρισδιάστατου σαρωτή

15. Προσωπικό που απαιτείται για την διαδικασία αποτύπωσης
16. Απαιτήσεις μεταφοράς αντικειμένων (χρήση περιστρεφόμενου τραπεζιού)
17. Επιπρόσθετος εξοπλισμός που απαιτείται στον χώρο της αποτύπωσης
18. Υποκειμενικό κριτήριο συμπεριφοράς και απόδοσης σαρωτή ανάλογα με τα χαρακτηριστικά επιφάνειας των αντικειμένων (αντανakλάσεις, χρωματισμοί, κοκ)
19. Μέσος όρος συνολικού χρόνου εγκατάστασης και τοποθέτηση του σαρωτή
20. Αντιμετώπιση πιθανών δυσκολιών κατά την διαδικασία αποτύπωσης
21. Κόστος συστήματος
22. Εγγύηση συστήματος σάρωσης
23. Προαιρετικός εξοπλισμός που συνοδεύει το σαρωτή
24. Ειδικές ρυθμίσεις του σαρωτή που επιτρέπει η κατασκευάστρια εταιρεία για την καλύτερη προσαρμογή του συστήματος στις ανάγκες του εκάστοτε έργου

Πίνακας III. Τα 9 βασικότερα κριτήρια επιλογής μεθόδου και συστήματος ψηφιοποίησης

Κριτήριο	Πιθανές επιλογές	Κριτήριο	Πιθανές επιλογές
Κόστος	Κλάση 10.000 €	Φορητότητα	Ναι/Όχι
	Κλάση 20.000 €	Ακρίβεια	Χαμηλή (Σιλουέτες)
	Κλάση 50.000 €		Μεσαία (Δομημένο-Φως)
	Κλάση 100.000 €		Μεγάλη (Λέιζερ)
	Κλάση 200.000 €	Υφή	Ναι/Όχι
	Κλάση 500.000 €	Παραγωγικότητα	Μικρή (1-2 αντικείμενα/ημέρα)
Υλικό	Μάρμαρο		Μεσαία (3-5 αντικείμενα/ημέρα)
	Μέταλλο		Μεγάλη (6+ αντικείμενα/ημέρα)
	Κεραμικό	Εξειδίκευση	Ελάχιστη
Υφασμα	Μικρή		
Μέγεθος	Μικρό (≤ 20 cm)	Μεγάλη	Συμβατότητα με πρότυπα
	Μεσαίο (20-60 cm)	Ναι/Όχι	
	Μεγάλο (≥ 60 cm)		

Τέλος, πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα η βαρύτητα στην επιλογή και χρήση κατάλληλου και εύχρηστου λογισμικού σε συνδυασμό με το σύστημα ψηφιοποίησης. Σε πολλές περιπτώσεις, το διατιθέμενο λογισμικό δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις μιας μεθόδου ψηφιοποίησης και του τεχνικού εξοπλισμού που την υλοποιεί.

Ο Πίνακας IV περιέχει αναλυτικά όλες τις προδιαγραφές για ένα σύστημα σάρωσης με ακτίνες λέιζερ, ενώ ο Πίνακας V τις προδιαγραφές για ένα σύστημα σάρωσης με χρήση δομημένου φωτισμού. Οι πίνακες αυτοί αφορούν σε ψηφιοποίηση κινητών πολιτιστικών αντικειμένων, και η επιλογή των δύο αυτών μεθόδων έγινε λόγω της ευρύτατης χρήσης τους, κυρίως, εξαιτίας της ανώτερης ποιότητας αποτελεσμάτων που παρέχουν.

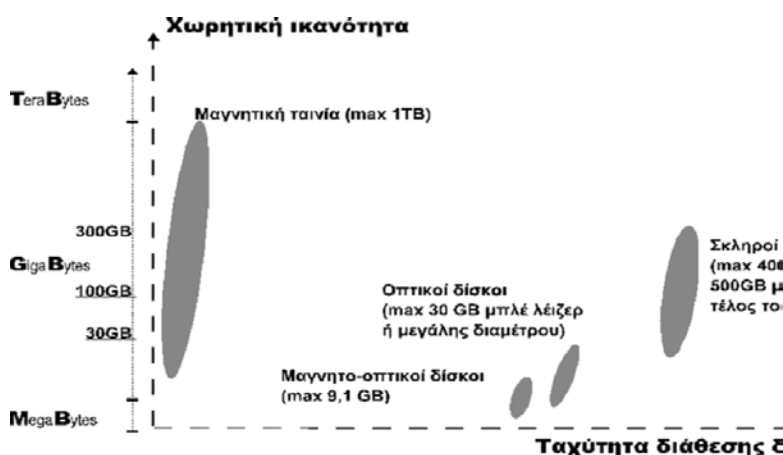
ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα δεδομένα που προκύπτουν από τη διαδικασία της ψηφιοποίησης αντικειμένων και χώρων, είτε για αρχειακούς είτε και επιστημονικούς λόγους, είναι αρχεία ογκώδη, των οποίων το μέγεθος σχετίζεται άμεσα με την ανάλυση της ψηφιοποίησης και το μέγεθος του αντικειμένου ή χώρου.

Για την επιλογή του συστήματος ψηφιακής αποθήκευσης που αρμόζει καλύτερα σε κάθε περίπτωση ψηφιοποίησης, πρέπει πάντα να λαμβάνονται υπ όψιν οι εξής παράγοντες:

1. Ο χρόνος προσπέλασης των δεδομένων
2. Η ταχύτητα μεταφοράς των δεδομένων από το μέσο στη μνήμη του ηλεκτρονικού υπολογιστή και αντίστροφα
3. Η δυνατότητα ταυτόχρονης πρόσβασης από πολλούς χρήστες
4. Η χωρητικότητα σε δεδομένα
5. Η συχνότητα χρήσης
6. Ο χρόνος ζωής του μέσου και των αποθηκευμένων σε αυτό δεδομένων
7. Η απαιτούμενες συνθήκες αποθήκευσης και λειτουργίας
8. Το κόστος ανά μονάδα προσφερόμενης χωρητικής ικανότητας (πχ. Megabyte)

Επειδή ο όγκος των δεδομένων που παράγεται από την τρισδιάστατη ψηφιοποίηση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το πλήθος των πολυγώνων, το πλήθος και η λεπτομέρεια των εικόνων υψής κοκ, η επιλογή του αποθηκευτικού μέσου καθορίζεται από τη διαθεσιμότητα των δεδομένων της ψηφιοποίησης σε συνδυασμό με τον όγκο τους. Στο παρακάτω διάγραμμα (Εικόνα 2) απεικονίζεται η κατανομή της διαθέσιμης τεχνολογίας αποθήκευσης σε σχέση με τη χωρητική της ικανότητα και την ταχύτητα διάθεσης της αποθηκευμένης πληροφορίας.



Εικόνα 2. Διαθέσιμη τεχνολογία αποθήκευσης

Τα δεδομένα που παράγονται κατά την τρισδιάστατη ψηφιοποίηση, τις περισσότερες φορές, είναι πολλά ανεξάρτητα αρχεία ακατέργαστων δεδομένων, τα οποία βρίσκονται σε τοπικό σκληρό δίσκο του υπολογιστικού συστήματος που χρησιμοποιήθηκε για την ψηφιοποίηση και αναγνωρίζονται, συνήθως, μόνο από συγκεκριμένο λογισμικό. Μετά την ψηφιοποίηση, τα πρωτογενή δεδομένα πρέπει να συγκεντρωθούν και να τροποποιηθούν, ώστε να δώσουν το αποτέλεσμα που επιθυμείται από την κάθε εφαρμογή. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι ενέργειες που απαιτούνται μετά το πέρας της διαδικασίας της τρισδιάστατης ψηφιοποίησης κάποιου θέματος είναι :

1. Η αποθήκευση του πρωτογενούς υλικού για αρχειακούς λόγους, το οποίο υποχρεωτικά πρέπει να συνοδεύεται από μεταδεδομένα.
2. Η επεξεργασία του πρωτογενούς υλικού για την παραγωγή μίας ενιαίας φόρμας, αντιπροσωπευτικής του ψηφιοποιημένου θέματος. Η αποθήκευσή της θα πρέπει υποχρεωτικά να συνοδεύεται από μεταδεδομένα, επίσης.

-
3. Η μετατροπή του τελικού προϊόντος από το 2ο στάδιο σε τύπους αρχείων που έχουν καθιερωθεί στην βιομηχανία των τρισδιάστατων γραφικών. Η αποθήκευση με μεταδεδομένα και εδώ δεν πρέπει να παραλείπεται.
 4. Η περαιτέρω μετατροπή για τις ανάγκες της τελικής εφαρμογής.

Τα μεταδεδομένα, αναλόγως της εφαρμογής, χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

1. Η πρώτη σχετίζεται με τα δεδομένα που εισάγει ο χρήστης και αφορούν πληροφορίες σχετικά με το θέμα, όπως τις αντιλαμβάνεται ο ίδιος (π.χ. μια περιγραφή).
2. Η δεύτερη σχετίζεται με διαχειριστικά δεδομένα, τα οποία χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της έκδοσης των δεδομένων, τον τύπο τους κλπ.
3. Η τρίτη κατηγορία αφορά δεδομένα που σχετίζονται με την αυτόματη μαθηματική περιγραφή των τρισδιάστατων αντικειμένων. Τα μεταδεδομένα της κατηγορίας αυτής χρησιμεύουν στην αναζήτηση και ταξινόμηση βάση του ίδιου του περιεχομένου και όχι κάποιας περιγραφής στηριζόμενης στον ανθρώπινο παράγοντα.

Για την καλή διατήρηση του αρχείου, τα αποθηκευτικά μέσα θα πρέπει να βρίσκονται σε χώρο με τις προβλεπόμενες από τον κατασκευαστή τους περιβαλλοντικές συνθήκες, ενώ ανά τακτά χρονικά διαστήματα θα πρέπει να γίνεται έλεγχος των μέσων και, προληπτικά, να αντιγράφονται σε νέα μέσα του ίδιου τύπου. Λόγω της ταχύτατης εξέλιξης των υπολογιστικών συστημάτων, υπάρχει κίνδυνος οι συσκευές και τα μέσα στα οποία έχουν αποθηκευθεί τα δεδομένα να μην είναι συμβατά με τους υπολογιστές του κοντινού μέλλοντος. Για να αποφευχθεί κάτι τέτοιο, θα πρέπει να προγραμματιστεί η δυνατότητα μεταφοράς των δεδομένων σε αποθηκευτικά μέσα νέας γενιάς, των οποίων η υποστήριξη και η συμβατότητα με τα τότε υπολογιστικά συστήματα θα είναι δεδομένη.

ΠΡΟΒΟΛΗ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΝΤΙΓΡΑΦΩΝ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η ηλεκτρονική παρουσίαση τρισδιάστατων ψηφιοποιημένων θεμάτων μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους, σύμφωνα πάντα με τις ανάγκες της κάθε εφαρμογής. Οι παράμετροι που καθορίζουν την επιλογή της πιο κατάλληλης συσκευής για την απεικόνιση των δεδομένων της ψηφιοποίησης είναι :

1. Ο αριθμός των ανθρώπων που θα παρακολουθούν ταυτόχρονα την παρουσίαση, ο οποίος παίζει καθοριστικό ρόλο στο μέγεθος της οθόνης.
2. Η στερεοσκοπική παρουσίαση του θέματος, έτσι ώστε ο θεατής να έχει πραγματική αντίληψη του βάθους.
3. Ο βαθμός αλληλεπίδρασης με το χρήστη, για παράδειγμα αν θα του επιτρέπεται να μετακινείται κατά βούληση μέσα στο χώρο ή θα πρέπει να παρακολουθήσει μια συγκεκριμένη διαδρομή της ιδεατής κάμερας. Η παράμετρος αυτή καθορίζει τη συσκευή, η οποία θα παρέχει τις εικόνες στη μονάδα προβολής, και η οποία, στην περίπτωση της προκαθορισμένης πορείας, μπορεί να είναι απλό βίντεο ή DVD player (αξίας μερικών δεκάδων €), ενώ στην περίπτωση της ελεύθερης μετακίνησης στον τρισδιάστατο χώρο να είναι ένα πανάκριβος υπερ-υπολογιστής (αξίας μερικών δεκάδων χιλιάδων €).

Παρακάτω παραθέτονται τα συστήματα προβολής που είναι διαθέσιμα στην αγορά, ανάλογα με το μέγεθος της εικόνας που μπορούν να αποδώσουν και, κατά συνέπεια, το κοινό στο οποίο απευθύνονται (Πίνακας VI).

Πολλές εταιρείες, κάνοντας χρήση προβολικών συστημάτων, κατασκευάζουν εξειδικευμένες διατάξεις απεικόνισης, όπως «τοιχούς», «γραφεία», «δωμάτια» ή «σηπλιές»

(caves), θόλους κλπ. Το κόστος τέτοιων κατασκευών είναι αρκετά μεγάλο και ανάλογο με τις απαιτήσεις της εφαρμογής ξεκινά από μερικές χιλιάδες € και μπορεί να ξεπεράσει τα 100.000 €.

Μια άλλη κατηγορία συστημάτων απεικόνισης είναι οι ενεργά τρισδιάστατες οθόνες, οι οποίες επιτρέπουν την πραγματικά στερεοσκοπική θέαση του θέματος, χωρίς να απαιτούν από το θεατή να φορά ειδικά γυαλιά για να αντιληφθεί το βάθος, όπως συμβαίνει με τις συμβατικές τεχνολογίες (Πίνακας VII). Είναι τριών υποκατηγοριών:

1. Στην πρώτη, γίνεται χρήση της τεχνολογίας των επίπεδων οθονών τύπου TFT ή plasma, η οποία προσφέρει την αίσθηση του βάθους μέσω ειδικών επιφανειών (φίλτρων) που τοποθετούνται μπροστά από την κυρίως οθόνη.
2. Στη δεύτερη κατηγορία που απαρτίζεται από τις οθόνες απεικόνισης όγκου (3D Volume Displays), γίνεται χρήση ημιδιαφανών περιστρεφόμενων επιφανειών, στις οποίες προβάλλονται διαδοχικά οι εικόνες.
3. Η τελευταία κατηγορία ενεργής αντίληψης της τρίτης διάστασης είναι οι οθόνες κεφαλής (Head Mountain Displays - HMD), οι οποίες είναι συσκευές που τοποθετούνται στο κεφάλι του χρήστη, όπως κράνη, μάσκες και γυαλιά, και οι οποίες προβάλλουν διαφορετική εικόνα το κάθε μάτι του χρήστη.

Η αντιγραφή κάποιου τρισδιάστατα ψηφιοποιημένου θέματος μπορεί να χωριστεί σε δύο σκέλη:

- την ψηφιακή αντιγραφή του σε αντίτυπα και,
- τη φυσική αντιγραφή του, μέσω της διαδικασίας τρισδιάστατης εκτύπωσης

Για την ψηφιακή αντιγραφή των δεδομένων σε πολλά αντίτυπα, για λόγους μαζικής διάθεσης του υλικού, οι περισσότερες λύσεις που είναι διαθέσιμες στην αγορά είναι βασισμένες στους οπτικούς δίσκους τύπου CD και DVD (Πίνακας VIII). Στην περίπτωση της δημιουργίας υλικών αντιγράφων τριών διαστάσεων, οι λύσεις που προσφέρονται κατάτάσσονται σύμφωνα με το μέγεθος του αντικειμένου που μπορούν να εκτυπώσουν και το υλικό (Πίνακας IX).

Πίνακας IV. Πίνακας προδιαγραφών συστημάτων προβολής ακτινών λέιζερ κοντινών αποστάσεων

Πεδίο Εφαρμογής	Αντικείμενα μερικώς εκατοστών (≤ 20cm)	Αντικείμενα με μέγεθος μέγιστης πλευράς (20cm - 60cm)	Αντικείμενα με μέγεθος μέγιστης πλευράς (≥60cm)
Κατηγορία ακτινών λέιζερ	Class I (FDA) ή Class II (IEC) Ασφαλές για το ανθρώπινο μάτι	Class I (FDA) ή Class II (IEC) Ασφαλές για το ανθρώπινο μάτι	Class I (FDA) ή Class II (IEC) Ασφαλές για το ανθρώπινο μάτι
Αυτόματη εστίαση	Επιθυμητό	Επιθυμητό	Επιθυμητό
Ανταλλάξιμοι οπτικοί φακοί	Επιθυμητό	Επιθυμητό	Επιθυμητό
Οπτικό πεδίο σάρωσης	1 cm έως 20cm και στους τρεις άξονες	20cm έως 60cm και στους τρεις άξονες	60cm έως 5m και στους τρεις άξονες
Βήμα δειγματοληψίας	Z: 25μm - 100μm Y: 100μm - 500μm X: 100μm - 500μm	Z: 100μm - 400μm Y: 100μm - 700μm X: 100μm - 700μm	Z: 100μm - 1cm Y: 100μm - 1cm X: 100μm - 1cm
Πληροφορία υψής	Επιθυμητό - Βάθος χρωμάτων 24bit, Ανάλυση περιοχής ελάχιστο 640x480 εικονοστοιχεία	Επιθυμητό - Βάθος χρωμάτων 24bit, Ανάλυση περιοχής ελάχιστο 640x480 εικονοστοιχεία	Επιθυμητό - Βάθος χρωμάτων 24bit, Ανάλυση περιοχής ελάχιστο 640x480 εικονοστοιχεία
Ταχύτητα δειγματοληψίας	Ελάχιστο: 3000 σημεία ανά δευτερόλεπτο	Ελάχιστο: 3000 σημεία ανά δευτερόλεπτο	Ελάχιστο: 3000 σημεία ανά δευτερόλεπτο
Μεταβολή έντασης ακτινών λέιζερ	Επιθυμητό	Επιθυμητό	Επιθυμητό
Συνθήκες φωτισμού λειτουργίας σε εξωτερικό χώρο	Προαιρετική λειτουργία ακόμα και σε καταστάσεις έντονης ηλιοφάνειας	Προαιρετική λειτουργία ακόμα και σε καταστάσεις έντονης ηλιοφάνειας	Προαιρετική λειτουργία ακόμα και σε καταστάσεις έντονης ηλιοφάνειας
Συνθήκες φωτισμού λειτουργίας σε εσωτερικό χώρο	Τυπικές συνθήκες γραφείου/εργαστηρίου	Τυπικές συνθήκες γραφείου/εργαστηρίου	Τυπικές συνθήκες γραφείου/εργαστηρίου
Θερμοκρασία λειτουργίας	0° έως 50°	0° έως 50°	0° έως 50°
Υγρασία περιβάλλοντος λειτουργίας	65% - 80%	65% - 80%	65% - 80%
Υγρασία περιβάλλοντος αποθήκευσης	75% - 95%	75% - 95%	75% - 95%
Λειτουργικό σύστημα	Microsoft Windows 2000, XP	Microsoft Windows 2000, XP	Microsoft Windows 2000, XP
Υπολογιστικές απαιτήσεις για έλεγχο δεδομένων	RS-232,USB 1.0,USB 2.0,IEEE 1394,Ethernet 100Mbps,1Gbit	RS-232,USB 1.0,USB 2.0,IEEE 1394,Ethernet 100Mbps,1Gbit	RS-232,USB 1.0,USB 2.0,IEEE 1394,Ethernet 100Mbps,1Gbit
Φορητότητα	Επιθυμητή	Επιθυμητή	Επιθυμητή
Αυτοματοποιημένη διαδικασία σάρωσης	Επιθυμητή	Επιθυμητή	Επιθυμητή
Αυτοματοποιημένη διαδικασία βαθμονόμησης	Επιθυμητή	Επιθυμητή	Επιθυμητή
Τροφοδοσία	100V - 240V , 50 - 60 Hz	100V - 240V , 50 - 60 Hz	100V - 240V , 50 - 60 Hz
Εγγύηση	Τουλάχιστον ένας χρόνος και προαιρετικά επεκτάσιμη	Τουλάχιστον ένας χρόνος και προαιρετικά επεκτάσιμη	Τουλάχιστον ένας χρόνος και προαιρετικά επεκτάσιμη

Πίνακας V. Πίνακας προδιαγραφών συστημάτων προβολής δομημένου φωτισμού

Πεδίο Εφαρμογής	Αντικείμενα μερικώς εκατοστών (≤ 20cm)	Αντικείμενα με μέγεθος μέγιστης πλευράς (20cm - 60cm)	Αντικείμενα με μέγεθος μέγιστης πλευράς (60cm -5m)
Αυτόματη εστίαση	Επιθυμητό	Επιθυμητό	Επιθυμητό
Ανταλλάξιμοι οπτικοί φακοί	Επιθυμητό	Επιθυμητό	Επιθυμητό
Οπτικό πεδίο σάρωσης	1 cm έως 20cm και στους τρεις άξονες	20cm έως 60cm και στους τρεις άξονες	60cm έως 5m και στους τρεις άξονες
Βήμα δειγματοληψίας	Z: 25μm - 400μm Y: 100μm - 400μm X: 100μm - 400μm	Z: 100μm - 700μm Y: 100μm - 700μm X: 100μm - 700μm	Z: 100μm - 1cm Y: 100μm - 1cm X: 100μm - 1cm
Πληροφορία υφής	Επιθυμητό - Βάθος χρωμάτων 24bit, Ανάλυση περιοχής ελάχιστο 640x480 εικονοστοιχεία	Επιθυμητό - Βάθος χρωμάτων 24bit, Ανάλυση περιοχής ελάχιστο 640x480 εικονοστοιχεία	Επιθυμητό - Βάθος χρωμάτων 24bit, Ανάλυση περιοχής ελάχιστο 640x480 εικονοστοιχεία
Ταχύτητα δειγματοληψίας	Ελάχιστο: 3000 σημεία ανά δευτερόλεπτο	Ελάχιστο: 3000 σημεία ανά δευτερόλεπτο	Ελάχιστο: 3000 σημεία ανά δευτερόλεπτο
Μεταβολή έντασης ακτίνας λέιζερ	Επιθυμητό	Επιθυμητό	Επιθυμητό
Συνθήκες φωτισμού λειτουργίας σε εξωτερικό χώρο	Προαιρετική λειτουργία ακόμα και σε καταστάσεις έντονης ηλιοφάνειας	Προαιρετική λειτουργία ακόμα και σε καταστάσεις έντονης ηλιοφάνειας	Προαιρετική λειτουργία ακόμα και σε καταστάσεις έντονης ηλιοφάνειας
Συνθήκες φωτισμού λειτουργίας σε εσωτερικό χώρο	Τυπικές συνθήκες γραφείου/εργαστηρίου	Τυπικές συνθήκες γραφείου/εργαστηρίου	Τυπικές συνθήκες γραφείου/εργαστηρίου
Θερμοκρασία Λειτουργίας	0° έως 50°	0° έως 50°	0° έως 50°
Υγρασία περιβάλλοντος Λειτουργίας	65% - 80%	65% - 80%	65% - 80%
Υγρασία περιβάλλοντος Αποθήκευσης	75% - 95%	75% - 95%	75% - 95%
Λειτουργικό Σύστημα	Microsoft Windows 2000, XP	Microsoft Windows 2000, XP	Microsoft Windows 2000, XP
Υπολογιστικές απαιτήσεις για έλεγχο δεδομένων	RS-232,USB 1.0,USB 2.0,IEEE 1394,Ethernet 100Mbps,1GBit	RS-232,USB 1.0,USB 2.0,IEEE 1394,Ethernet 100Mbps,1GBit	RS-232,USB 1.0,USB 2.0,IEEE 1394,Ethernet 100Mbps,1GBit
Φορητότητα	Επιθυμητή	Επιθυμητή	Επιθυμητή
Αυτοματοποιημένη διαδικασία σάρωσης	Επιθυμητή	Επιθυμητή	Επιθυμητή
Αυτοματοποιημένη διαδικασία βαθμονόμησης	Επιθυμητή	Επιθυμητή	Επιθυμητή
Τροφοδοσία	100V - 240V , 50 - 60 Hz	100V - 240V , 50 - 60 Hz	100V - 240V , 50 - 60 Hz
Εγγύηση	Τουλάχιστον ένας χρόνος και προαιρετικά επεκτάσιμη	Τουλάχιστον ένας χρόνος και προαιρετικά επεκτάσιμη	Τουλάχιστον ένας χρόνος και προαιρετικά επεκτάσιμη

Πίνακας VI. Συστήματα τρισδιάστατης προβολής

Τύπος	Μέγιστο μέγεθος οθόνης (ίντσες)	Μέγιστη ανάλυση εικόνας	Απόδοση βάθους	Απαιτήσεις φωτισμού	Πηγή εικόνας	Φορητότητα	Κόστος
Digital cinema projector	Κινηματογράφου	2048 X 1080	Με δύο πολωμένους προβολείς. Με LCD γυαλιά. Με μπλε και κόκκινα γυαλιά.	Μέτριες	DVI, VGA, SVideo, Composite, RGB-BNC	Μέτρια	>50.000€
Data/ Home cinema projector	30 - 220	1280 X 1024	Με δύο πολωμένους προβολείς. Με LCD γυαλιά. Με μπλε και κόκκινα γυαλιά.	Χαμηλός φωτισμός	DVI, VGA, SVideo, Composite.	Καλή	1000 - 30.000 €
TFT	15 - 57	1920 X 1080	Με μπλε και κόκκινα γυαλιά.	Μέτριες	DVI, VGA, SVideo, Composite.	Καλή	250 - 30.000 €
Plasma	17 - 65	1365 X 768			DVI, VGA, SVideo, Composite, RGB-BNC		2.000 - 30.000 €
CRT	15 - 34	2048 X 1536	Με LCD γυαλιά. Με μπλε και κόκκινα γυαλιά.	Πολύ χαμηλές	VGA, SVideo, Composite, RGB-BNC	Μέτρια	100 - 3000 €

Πίνακας VII. Ενεργά συστήματα τρισδιάστατης προβολής

Τύπος	Μέγιστο μέγεθος οθόνης (ίντσες)	Μέγιστη ανάλυση εικόνας	Απαιτήσεις φωτισμού	Πηγή εικόνας	Φορητότητα	Κόστος
Επίπεδες TFT ή Plasma	50	3840 X 2400	Μέτριες	DVI, VGA	Καλή	2.000 -30.000€
3D Volume Display	20	768 X 768 X 198	Χαμηλός φωτισμός	Μέσω ειδικού περιφερειακού	Μέτρια	>40.000 €
HMD	Κράνος ή γυαλιά με μια μικρή οθόνη για το κάθε μάτι	1600 X 1200	Καμία	DVI, VGA, ή Μέσω ειδικού περιφερειακού	Πολύ καλή	1500 - 90.000 €

Πίνακας VIII. Σσκευές και μέσα ψηφιακής αντιγραφής

Τύπος	Τύπος Μέσου	Μέγιστη Ταχύτητα Εγγραφής	Κόστος	Λειτουργία
DVD	CD / DVD	8 X DVD	4 DVD 1.200 - 1.600 €.	Χειροκίνητη αλλαγή των δίσκων
Copy Tower		52 X CD	8 DVD 1.700 - 2.100 €.	

			21 DVD 10.500 - 13.000 €	
CD	CD	52 X CD	4 CD 700 - 800 €.	Χειροκίνητη αλλαγή των δίσκων
Copy Tower			8 CD 900 - 1.200 €.	
			21 CD 7.500 - 9.000 €	
Robotic CD / DVD Copier	CD / DVD	8 X DVD	5.000 - 7.000 € χωρίς εκτυπωτή δίσκων.	Αυτόματη αλλαγή των δίσκων για 150 με 500 δίσκους.
		52 X CD	8.000 - 12.000 € με εκτυπωτή δίσκων.	

Πίνακας ΙΧ. Συσκευές τρισδιάστατης φυσικής αναπαραγωγής

Τύπος	Υλικό	Διαστάσεις εκτύπωσης (cm)	Κόστος	Χρήση
Εναπόθεσης υλικού	Γύψος, Αμυλόκολλα, Πλαστικό	20X20X25 - 50X60X40	26.000 € - 130.000 €	Για κατασκευή καλουπιών και πρωτότυπων.
Στερεολιθογραφίας	Φωτοπολυμερές πλαστικό	25X25X25 - 50X60X50	>100.000 €	Για κατασκευή καλουπιών και πρωτότυπων.