

# ΕΚΘΕΣΗ ΠΡΟΟΔΟΥ

## Υποψήφιος Διδάκτορας: Ιωάννης Κυριαζής

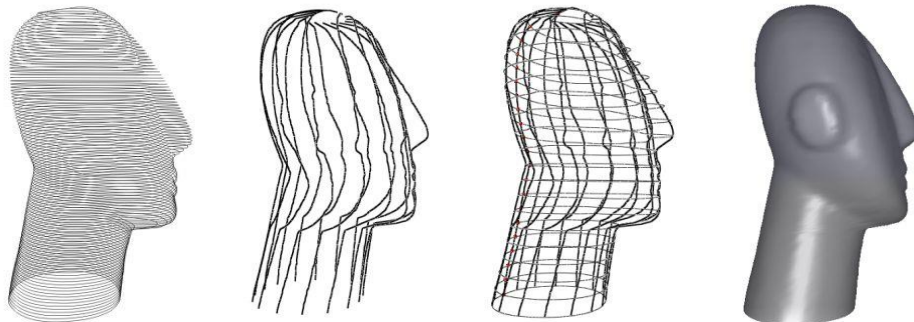
### Το πρόβλημα

Το πρόβλημα που καλείται ο υποψήφιος διδάκτορας να επιλύσει είναι η εξαγωγή χαρακτηριστικών (feature extraction) από ένα 3D αντικείμενο, τα οποία θα είναι κατάλληλα για επεξεργασία με σχεδιαστικές εφαρμογές (CAD). Η εξαγωγή των χαρακτηριστικών γίνεται απευθείας από το νέφος σημείων που περιγράφει το 3D αντικείμενο, και το οποίο έχει παραχθεί από τη σάρωση του αντικειμένου με 3D σαρωτή laser ή κάποια παρόμοια τεχνική. Στη συνέχεια δημιουργείται ένα CAD μοντέλο το οποίο μπορεί να τροποποιηθεί ή να επανασχεδιαστεί και περιγράφει με ακρίβεια τη δομή και την τοπολογία του νέφους σημείων. Με τη βοήθεια ενός συνόλου από τελεστές μετασχηματισμού, παράγονται νέα αντικείμενα – παραλλαγές του αρχικού – τα οποία έχουν διαφορετικές ιδιότητες σε σχέση με το αρχικό, ανάλογα με τις απαιτήσεις του χρήστη-σχεδιαστή.

### Προηγούμενες περίοδοι – Ανακατασκευή 3D μοντέλου

Στο παρελθόν είχαν μελετηθεί μέθοδοι ανάστροφης μηχανικής (reverse engineering) που έχουν αναπτυχθεί για διάφορες εφαρμογές και τα διάφορα είδη αναπαράστασης που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση 3D μοντέλων. Ο υποψήφιος ανέπτυξε μια νέα μέθοδο για την εξαγωγή των χαρακτηριστικών από το νέφος σημείων, η οποία χρησιμοποιεί εγκάρσιες τομές για να χωρίσει το 3D νέφος σημείων σε λεπτές φέτες που μπορούν να θεωρηθούν ως ξεχωριστά 2D νέφη σημείων. Χρησιμοποιώντας ιδιότητες δομών της Υπολογιστικής Γεωμετρίας, όπως το κυρτό περίβλημα (Convex Hull) και το διάγραμμα Voronoi, εξάγονται τα χαρακτηριστικά σημεία της κάθε φέτας, από τα οποία υπολογίζεται η αναπαράσταση ορίων για τη φέτα αυτή.

Αφού υπολογιστούν τα όρια για όλες τις φέτες, υπολογίζεται μια κλειστή ομαλή και συνεχής καμπύλη B-Spline 3<sup>ου</sup> βαθμού, η οποία περιγράφει με ακρίβεια τα όρια του αντικειμένου για κάθε φέτα. Στη συνέχεια επιλέγονται κάποια σημεία επάνω στις καμπύλες, ανάλογα με το επίπεδο λεπτομέρειας που απαιτείται από το χρήστη, τα οποία συνδυάζονται μεταξύ τους για να συνθέσουν το 3D μοντέλο, που αποτελεί υψηλού επιπέδου αναπαράσταση του αρχικού αντικειμένου.

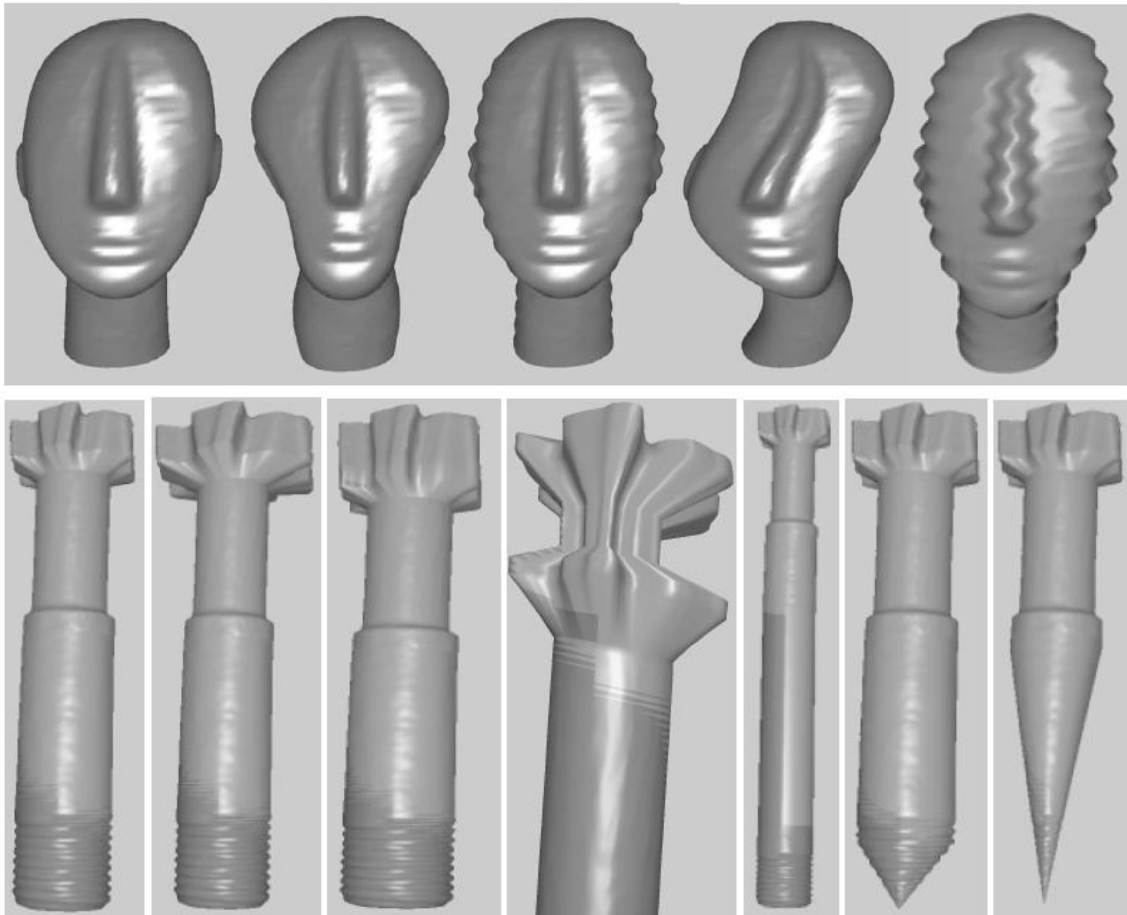


**Εικόνα 1:** Από τις καμπύλες που περιγράφουν τις φέτες του αντικειμένου επιλέγονται σημεία που συνδυάζονται μεταξύ τους για να συνθέσουν την επιφάνεια του τελικού μοντέλου.

## Μετασχηματισμοί

Μετά την ανακατασκευή της επιφάνειας του αντικειμένου, ο υποψήφιος υλοποίησε μια σειρά από τελεστές, οι οποίοι δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη να τροποποιήσει το αντικείμενο με τέτοιο τρόπο, ώστε να αποκτήσει το μοντέλο νέες ιδιότητες, ή να μεταβάλλει τα υπάρχοντα χαρακτηριστικά. Οι τελεστές αυτοί εφαρμόζονται σε μια ή περισσότερες επιλεγμένες φέτες του αντικειμένου με τη μορφή πίνακα μετασχηματισμού και μπορεί να περιλαμβάνει απλές τροποποιήσεις όπως μετατοπίσεις, κλιμακώσεις, περιστροφές ή και περίπλοκους μετασχηματισμούς, πχ στρεβλώσεις ή συνδυασμούς άλλων μετασχηματισμών.

$$R_x(\theta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\theta) & -\sin(\theta) & 0 \\ 0 & \sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, S = \begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & 0 & t_y \\ 0 & 0 & 1 & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

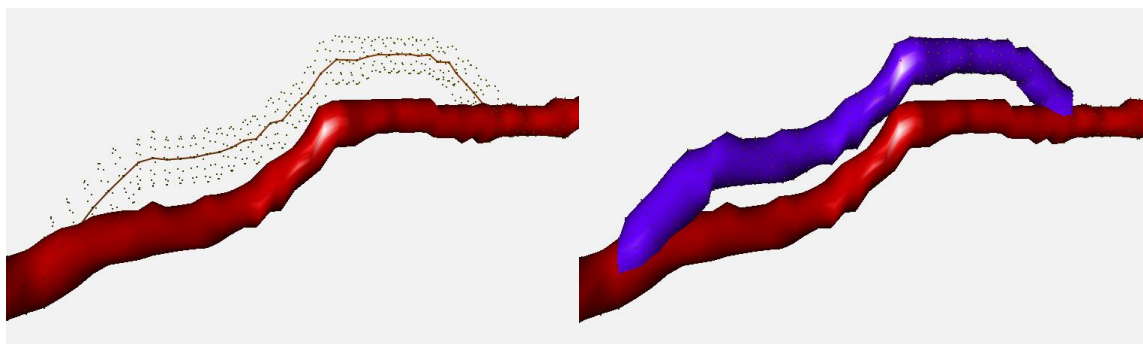


**Εικόνα 2:** Με τους κατάλληλους μετασχηματισμούς μπορούμε να δώσουμε στο αντικείμενο νέες ιδιότητες.

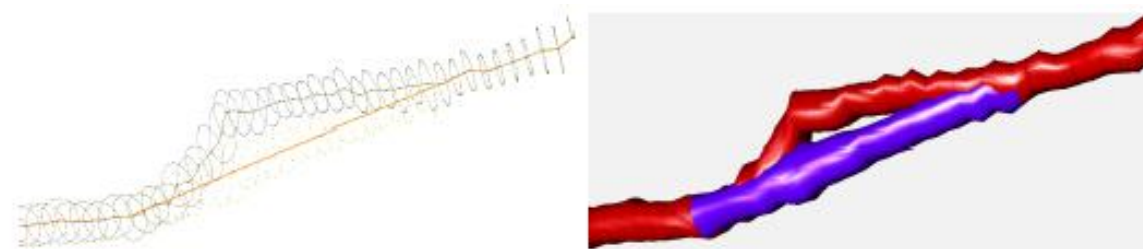
## Τρέχουσα Εργασία – Μετασχηματισμοί υψηλού επιπέδου σε ιατρικά μοντέλα

Χρησιμοποιώντας το προηγούμενο σύνολο μετασχηματισμών, ο υποψήφιος υλοποίησε επιπλέον τελεστές για την τροποποίηση του αντικειμένου, οι οποίοι βρίσκουν εφαρμογή κυρίως σε μοντέλα αντικειμένων ιατρικής φύσεως, όπως αρτηρίες ή εσωτερικά όργανα των οποίων η αναπαράσταση έχει προκύψει από απεικονιστικές εξετάσεις τομογραφίας (CT, MRI, PET CT, κλπ).

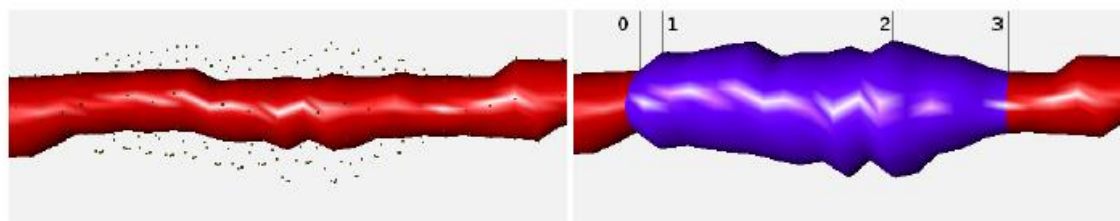
Τα αντικείμενα της περίπτωσης αυτής έχουν μια χαρακτηριστική ιδιότητα που εκμεταλλευόμαστε για τους μετασχηματισμούς μας, την καμπύλη που παρεμβάλλει τα κέντρα βάρους κάθε φέτας (curve of centroids). Η καμπύλη αυτή, που αποτελεί ένα είδος σκελετού για το μοντέλο, μπορεί να τροποποιηθεί με τη χρήση των τελεστών μετασχηματισμού που ορίστηκαν από τον υποψήφιο, ώστε να αλλάξει πχ η θέση ενός τμήματος του αντικειμένου, το σχήμα ή το πάχος ενός τμήματος, κα.



**Εικόνα 3** Μετατόπιση ενός τμήματος της καμπύλης. Τα γειτονικά τμήματα αναπροσαρμόζονται αυτόματα στη νέα τοποθέτηση της καμπύλης.



**Εικόνα 4** Αλλαγή του σχήματος της καμπύλης σε τμήμα του αντικειμένου. Η επιφάνεια του αντικειμένου ακολουθεί τις τροποποιήσεις της καμπύλης.



**Εικόνα 5** Αλλαγή στο πάχος ενός τμήματος του αντικειμένου. Η ίδια η καμπύλη δεν μεταβάλλεται, ενώ η επιφάνεια του μοντέλου κλιμακώνεται γύρω από την καμπύλη. Τα γειτονικά τμήματα αναπροσαρμόζονται αυτόματα στη νέα επιφάνεια.

## **Υλοποίηση**

Οι μέθοδοι που περιγράφηκαν έχουν υλοποιηθεί σε περιβάλλον Visual C++ με τη χρήση OpenGL για την οπτικοποίηση των δεδομένων και Qt για τη διεπαφή. Για τον υπολογισμό του κυρτού περιβλήματος, αλλά και του διαγράμματος voronoi, όπου απαιτείται, χρησιμοποιήθηκε η υλοποίηση του αλγορίθμου Qhull από τους Barber, Dobkin, και Huhdanpaa. Για τον υπολογισμό των πινάκων μετασχηματισμού χρησιμοποιήθηκε ο αναλυτής αριθμητικών εκφράσεων eval.c του Robert B. Stout.

## **Μελλοντικοί Στόχοι**

Το τεχνικό μέρος της διδακτορικής διατριβής έχει ολοκληρωθεί. Αυτό που απομένει είναι η δημοσίευση της τρέχουσας εργασίας στο επιστημονικό περιοδικό Computer Aided Design, όπου θα κατατεθεί μέχρι το τέλος του Μαΐου του 2013. Στη συνέχεια θα δρομολογηθεί η διαδικασία της τελικής εξέτασης, η οποία θα γίνει το μήνα Σεπτέμβριο ή Οκτώβριο, αφού ο χρόνος δεν είναι επαρκής για το μήνα Ιούνιο, ενώ τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο δεν μπορεί να ολοκληρωθεί το τυπικό μέρος της διαδικασίας.

## **Δημοσιεύσεις**

*I. Kyriazis, I. Fudos, and L. Palios, 'Detecting Features from Sliced Point Clouds'. 2<sup>nd</sup> International Conference on Computer Graphics Theory and Applications GRAPP, March 2007, <http://www.grapp.org/grapp2007/>.*

*Kyriazis, I. Fudos and L. Palios. "Extracting CAD Features from Point Cloud Cross Sections". 17-th International Conference on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision'2009 WSCG09 <http://wscg.zcu.cz/wscg2009/wscg2009.htm>*

*Kyriazis and I. Fudos. "Building Editable Free-form Models from Unstructured Point Clouds". International CAD Conference and Exhibition CAD'12 Niagara Falls, Canada, June 11-14, 2012 <http://www.cadconferences.com/Program/CAD12.html>*

## **Λόγοι καθυστέρησης της διατριβής**

Ο χρόνος εκπόνησης της διατριβής αυτής ήταν σαφώς μεγαλύτερος του αναμενόμενου. Ο κύριος λόγος για την καθυστέρηση αυτή είναι ότι για τη μελέτη των μεθόδων που αναπτύχθηκαν από τον υποψήφιο, απαιτούνταν η χρήση μοντέλων από πραγματικά αντικείμενα, τα οποία ήταν δύσκολο να αποκτηθούν - ειδικά όσον αφορά τα δεδομένα ιατρικής φύσεως - λόγω της φύσης των δεδομένων και του εξοπλισμού που απαιτείται για την ανάκτηση των μοντέλων. Στην καθυστέρηση αυτή συνετέλεσε επίσης το γεγονός ότι η διατριβή αυτή δεν ήταν χρηματοδοτούμενη, γεγονός που προκαλούσε δυσκολίες όσον αφορά τη συμμετοχή σε συνέδρια κλπ.