

Αντίστροφη Μηχανική – 3D scanning με το NextEngine 3D scanner

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
1. Αντίστροφη Μηχανική	5
1.1 Εφαρμογες	5
1.2 Αντίστροφη Μηχανική – Γενική Λογική – Διαδικασία.	7
1.3 Στάδιο 1 – Σάρωση	9
1.3.1 Σαρωτές επαφής	9
1.3.2 Σαρωτές χωρίς επαφή	10
1.4 Στάδιο 2 - Επεξεργασία Σημείων (Point Processing)	12
1.5 Στάδιο 3 – Γεωμετρική Ανάπτυξη Μοντέλου	13
2. Το NextEngine 3D-Scanner και το ScanStudioHD	15
2.1 Προδιαγραφές του Ψηφιοποιητή	16
2.2 Το λογισμικό ScanStudioHD	17
2.3 Η Διαδικασία της σάρωσης – Γενικά	20
3. Πρακτική Εφαρμογή	25
3.1 Η μπάλα	27
3.1.1 Τοποθέτηση του αντικειμένου – Ρυθμίσεις	27
3.1.2 Επεξεργασία του μοντέλου	31
3.1.3 Υπόλοιπες οικογένειες σαρώσεων	35
3.1.4 Τελική επεξεργασία	39
3.2 Το μεταλλικό γλυπτό	46

3.2.1 Επεξεργασία του μοντέλου	49
3.2.2 Δεύτερη οικογένεια σαρώσεων	50
3.2.3 Τελική επεξεργασία	54
3.3 Προχωρημένες λειτουργίες του ScanStudio HD	61
3.3.1 Προχωρημένες λειτουργίες της ευθυγράμμισης (Align)	61
3.3.2 Προχωρημένες λειτουργίες του εργαλείου Trim	63
Βιβλιογραφία	74

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη σημερινή κοινωνία, οι βιομηχανίες παραγωγής προϊόντων διαρκώς προσπαθούν να ανακαλύψουν νέους τρόπους για να ελαχιστοποιήσουν το χρόνο ανάπτυξης νέων προϊόντων κρατώντας ή ταυτόχρονα βελτιώνοντας την ποιότητα αυτών. Γενικότερα, η βιομηχανία στο σύνολό της έχει επενδύσει στο CAD – CAM, στην ταχεία πρωτοτυποποίηση (rapid prototyping) και συνολικά σε ένα εύρος νέων τεχνολογιών που επιφέρουν όφελος στην παραγωγή. Η Αντίστροφη Μηχανική (Reverse Engineering – RE) ανήκει σε αυτές τις τεχνολογίες που μικραίνουν σε πολύ μεγάλο βαθμό το χρόνο ανάπτυξης νέων προϊόντων.

1. Αντίστροφη Μηχανική

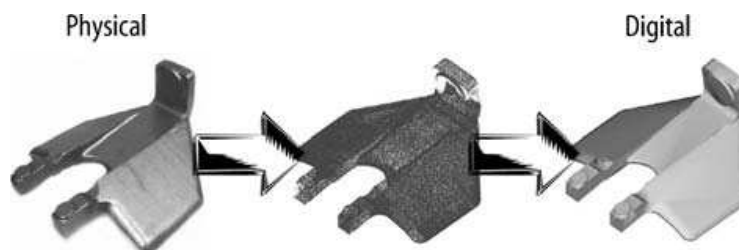
Η Μηχανική είναι η διαδικασία που περιλαμβάνει το σχεδιασμό, τη συναρμολόγηση, την παραγωγή και τη συντήρηση προϊόντων και συστημάτων. Υπάρχουν δύο μορφές μηχανικής, η κλασσική (forward) μηχανική και η αντίστροφη (reverse) μηχανική. Η κλασσική μηχανική περιλαμβάνει την «παραδοσιακή» διαδικασία κίνησης από κάποια υψηλού επιπέδου εγκεφαλική σύλληψη κάποιου σχεδίου στην φυσική εφαρμογή του σχεδίου αυτού, την μορφοποίησή του σε ένα σύστημα. Σε μερικές περιπτώσεις όμως μπορεί να υπάρχει ήδη ένα υλικό αντικείμενο – μέρος ενός συστήματος το οποίο θέλουμε να αναπαράγουμε, χωρίς να έχουμε στη διάθεσή μας τεχνικά στοιχεία γι' αυτό (μηχανολογικά σχέδια, υλικά που το απαρτίζουν, κ.α.). Η διαδικασία της δημιουργίας ενός πανομοιότυπου αντίγραφου ενός υλικού αντικειμένου, υποσυστήματος ή προϊόντος, χωρίς τη χρήση κάποιου μηχανολογικού σχεδίου που να αποτυπώνεται το αντικείμενο αυτό (χειρόγραφου ή ψηφιακού), ονομάζεται Αντίστροφη Μηχανική. Ως Αντίστροφη Μηχανική επίσης ορίζεται η διαδικασία της δημιουργίας ενός γεωμετρικού μοντέλου – σχεδίου CAD από σημεία που περιγράφονται στις τρεις διαστάσεις (3-D points), που προκύπτει από την ψηφιοποίηση ενός υλικού αντικειμένου που υπάρχει.

1.1 Εφαρμογές

Η Αντίστροφη Μηχανική εφαρμόζεται πλέον σε ένα μεγάλο εύρος της βιομηχανικής παραγωγής, στο βιομηχανικό σχεδιασμό, στο σχεδιασμό κοσμημάτων, στην αναπαραγωγή βιομηχανικών προϊόντων. Ας πάρουμε για παράδειγμα την αυτοκινητοβιομηχανία: Όταν ένα νέο μοντέλο βγαίνει στην

αγορά, ανταγωνιστικές εταιρίες μπορεί να το αγοράσουν και να το αποσυναρμολογήσουν για να μάθουν τον τρόπο που κατασκευάστηκε αλλά και τον τρόπο που λειτουργεί. Στο βιομηχανικό σχεδιασμό αυτοκινήτων, οι σχεδιαστές δίνουν μορφή και σχήμα στις ιδέες τους χρησιμοποιώντας πηλό, ξύλο και άλλα υλικά, παρόλο που για την κατασκευή και την παραγωγή ενός αντικειμένου χρειάζεται ένα μοντέλο CAD. Όσο τα προϊόντα γίνονται οργανικά στο σχήμα και στη μορφή τους, η αποτύπωση αυτής σε ένα σχέδιο CAD γίνεται περισσότερο πολύπλοκη και δύσκολη και δεν υπάρχει καμία εγγύηση ότι το σχέδιο αυτό θα είναι σε θέση να αναπαράγει το λαξευμένο πρωτότυπο.

Η Αντίστροφη Μηχανική δίνει λύση σε ακριβώς αυτό το πρόβλημα επειδή το φυσικό μοντέλο είναι η μοναδική πηγή πληροφοριών για το σχέδιο CAD. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται επίσης και physical-to-digital process.



Εικόνα 1: Physical-to-digital process.

(ΠΗΓΗ: REVERSE ENGINEERING – AN INDUSTRIAL PERSPECTIVE)

Στη συνέχεια παραθέτουμε κάποιους από πιο βασικούς λόγους για τους οποίους η χρήση της Αντίστροφης Μηχανικής είναι πολύ αποδοτική:

- Η κατασκευάστρια εταιρία δεν υπάρχει, αλλά κάποιος χρήστης ενός συστήματος χρειάζεται το υποσύστημα αυτό (π.χ. κατεστραμμένος δίσκος σε ένα παλιό αυτοκίνητο για το οποίο δεν υπάρχουν ανταλλακτικά).

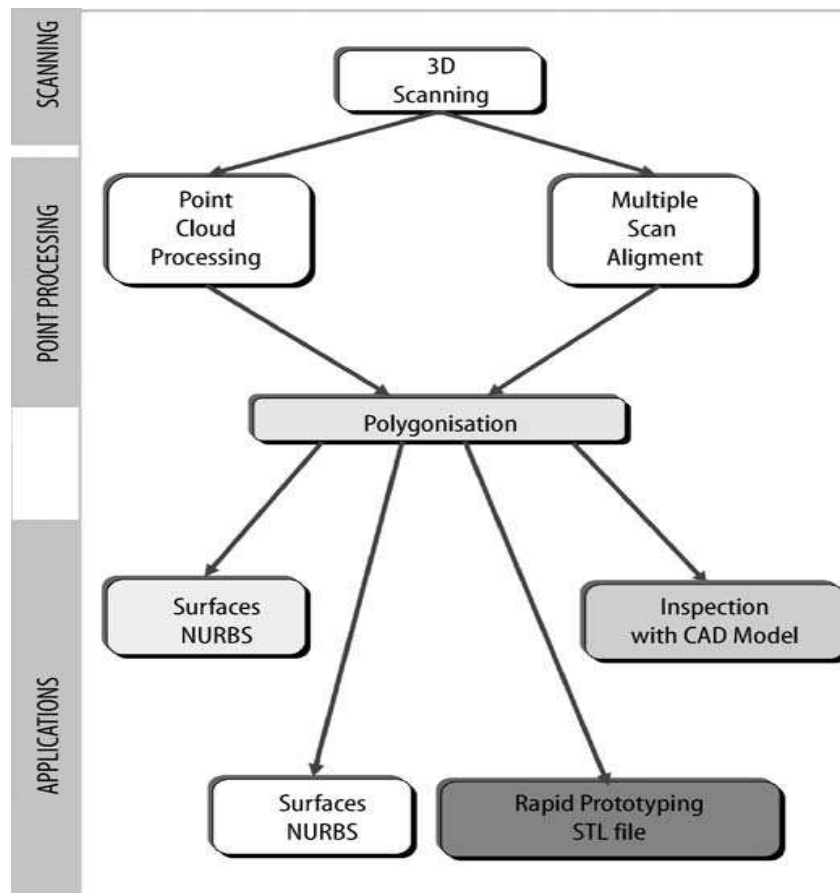
- Η κατασκευάστρια εταιρία δεν παράγει πλέον αυτό το προϊόν (π.χ. το προϊόν μπορεί να θεωρείται ξεπερασμένο).
- Το γνήσιο βιομηχανικό σχέδιο δεν υπάρχει ή έχει χαθεί.
- Δημιουργία στοιχείων – δεδομένων για την παραγωγή ενός υποσυστήματος για το οποίο δεν υπάρχουν σχέδια CAD, ή τα στοιχεία μπορεί να θεωρούνται ξεπερασμένα, ή να έχουν χαθεί.
- Αξιολόγηση – Ποιοτικός Έλεγχος ενός υποσυστήματος για τη σύγκριση του με το σχέδιο CAD, ή με ένα πρωτότυπο αντικείμενο.
- Ανάλυση των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων των προϊόντων άλλων ανταγωνιστικών εταιριών.
- Δημιουργία 3-D δεδομένων από ένα φυσικό μοντέλο για δημιουργία κίνησης (animation) σε κινηματογραφικές ταινίες.
- Ψηφιοποίηση αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς.
- Αρχιτεκτονική και κατασκευαστική μοντελοποίηση.
- Εφαρμογή στην ιατρική για τη δημιουργία οδοντικών ή χειρουργικών ανθρώπινων μερών.

1.2 Αντίστροφη Μηχανική – Γενική Λογική – Διαδικασία.

Η διαδικασία της Αντίστροφης Μηχανικής περιλαμβάνει τρία στάδια όπως φαίνονται στο εικόνα 2. Τα τρία αυτά στάδια περιλαμβάνουν τη σάρωση (scanning), την επεξεργασία σημείων (point processing), γεωμετρική ανάπτυξη του μοντέλου (geometric model development). Η στρατηγική της Αντίστροφης Μηχανικής πρέπει να λαμβάνει υπόψη τα ακόλουθα:

- Αριθμός υποσυστημάτων που θα σαρωθούν (ένα ή πολλά).
- Μέγεθος υποσυστήματος (μεγάλο – μικρό).

- Πολυπλοκότητα υποσυστήματος .
- Υλικό υποσυστήματος (μαλακό - σκληρό).
- Φινίρισμα υποσυστήματος (στιλπνό – θαμπό).
- Γεωμετρικά χαρακτηριστικά υποσυστήματος (εσωτερικό – εξωτερικό μέρος).
- Ακρίβεια που απαιτείται (γραμμική – ογκομετρική).



Εικόνα 2: Γενική διαδικασία της Αντίστροφης Μηχανικής.

(ΠΗΓΗ: REVERSE ENGINEERING – AN INDUSTRIAL PERSPECTIVE)

1.3 Στάδιο 1 – Σάρωση

Αυτό το στάδιο αφορά τη στρατηγική που θα ακολουθήσουμε για να σαρώσουμε με τέτοιο τρόπο το υποσύστημα που μας ενδιαφέρει για να αποτυπωθεί ψηφιακά με το βέλτιστο τρόπο. Η φάση αυτή περιλαμβάνει την επιλογή του τρόπου σάρωσης, την προετοιμασία του αντικειμένου που θα σαρωθεί και τέλος την ίδια τη σάρωση του αντικειμένου αυτού για τη σύλληψη όλων των πληροφοριών που περιγράφουν όλα τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του αντικειμένου όπως είναι οι κοιλότητες, το σχήμα, οι διαστάσεις κ.α. Οι τρισδιάστατοι σαρωτές χρησιμοποιούνται για να σαρώσουν την γεωμετρία του υποσυστήματος, με αποτέλεσμα την δημιουργία νεφών σημείων που καθορίζουν την γεωμετρία της επιφάνειας που σαρώνεται. Υπάρχουν δύο τύποι τρισδιάστατων σαρωτών: με επαφή και χωρίς επαφή. Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα ασχοληθούμε με τον τρισδιάστατο σαρωτή NextEngine 3D-Scanner που λειτουργεί χωρίς επαφή, με ακτίνες laser.

1.3.1 Σαρωτές επαφής

Οι συσκευές αυτές διαθέτουν αισθητήρες επαφής (contact probes) που αυτόματα ακολουθούν τις εξωτερικές καμπύλες μιας υλικής επιφάνειας. Αυτή τη στιγμή στην αγορά οι υπάρχοντες σαρωτές επαφής είναι βασισμένοι στην τεχνολογία CMM και έχουν πιθανό σφάλμα +0.01 μέχρι +0.02mm. Παρόλα αυτά, ανάλογα με το μέγεθος του αντικειμένου που θα σαρωθεί, οι μέθοδοι επαφής είναι χαρακτηριστικά αργές, επειδή όλα τα τρισδιάστατα σημεία παράγονται σειριακά στην άκρη του αισθητήρα επαφής. Ένα άλλο μειονέκτημα των σαρωτών επαφής αποτελεί το γεγονός ότι για να σαρωθεί ένα υποσύστημα χρειάζεται οι αισθητήρες επαφής να εκτρέπονται συνεχώς, ασκώντας

συνεχόμενη πίεση στο αντικείμενο προκειμένου να αντλήσουν πληροφορίες. Αυτή η πίεση περιορίζει τη χρήση των συγκεκριμένων σαρωτών διότι μαλακά υλικά, όπως το λάστιχο δεν μπορούν να σαρωθούν εύκολα και με ακρίβεια.

1.3.2 Σαρωτές χωρίς επαφή

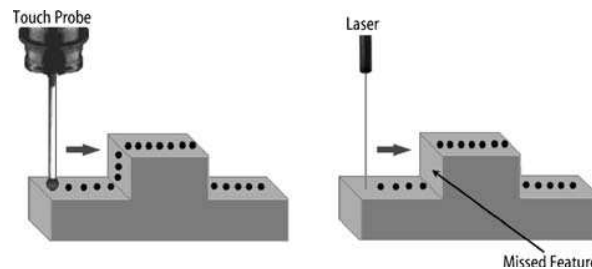
Η μεγαλύτερη ποικιλία σαρωτών σήμερα είναι οι σαρωτές χωρίς επαφή, οι οποίοι συλλέγουν δεδομένα χωρίς την επαφή με το υποσύστημα. Οι συσκευές αυτές λειτουργούν με τη χρήση οπτικής όπως τα laser και τις διατάξεις συζευγμένου φορτίου (charged-couple devices, CCD). Η διάταξη CCD είναι ένας καταχωρητής ολίσθησης, μια πολύ μικρή πλάκα πάνω στην οποία βρίσκονται διατεταγμένα έως και μερικά εκατομμύρια στοιχεία ενός ημιαγωγίμου υλικού ευαίσθητου στο φως (συνήθως πυριτίου) και χρησιμεύει για τη λήψη ειδώλων (φωτογραφιών και βίντεο). Όταν ο ανιχνευτής εκτίθεται σε μια φωτεινή πηγή, σε καθένα απ' αυτά τα στοιχεία απελευθερώνονται ηλεκτρικά φορτία (ηλεκτρόνια) σε ευθεία αναλογία με τα φωτόνια που πέφτουν πάνω στο στοιχείο.

Μετά την έκθεση στο φως ο αριθμός των συγκεντρωμένων ηλεκτρονίων στο κάθε στοιχείο καθορίζει τη φωτεινότητα του αντίστοιχου σημείου πάνω στην οθόνη του υπολογιστή με τον οποίο είναι συνδεδεμένος ο ανιχνευτής CCD. Έτσι η φωτογραφημένη εικόνα ανασυντίθεται σημείο προς σημείο στην οθόνη².

Γενικότερα, παρόλο που οι σαρωτές χωρίς επαφή συλλέγουν μεγάλες ποσότητες σημείων σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, υπάρχουν μερικά μειονεκτήματα που αξίζει να αναφερθούν:

- Η συνήθης ανοχή – σφάλμα των σαρωτών χωρίς επαφή είναι μεταξύ ± 0.025 μέχρι 0.2mm .

- Μερικές από αυτές τις συσκευές έχουν πρόβλημα στη σάρωση επιφανειών που είναι παράλληλες με τον άξονα της ακτίνας laser (Εικόνα 3).
- Ο γενικότερος τρόπος λειτουργίας των σαρωτών αυτών είναι η χρήση του φωτός για τη συλλογή πληροφοριών. Αυτό μπορεί να δημιουργεί προβλήματα όταν οι επιφάνειες που πρόκειται να σαρωθούν είναι γυαλιστερές ή και διάφανες, με αποτέλεσμα να χρειάζεται επιπλέον προετοιμασία των εν λόγω επιφανειών (προσωρινή επικάλυψη με ειδική πούδρα, προσωρινό βάψιμο).



Εικόνα 3: Κατακόρυφος αισθητήρας και laser.

(ΠΗΓΗ: REVERSE ENGINEERING – AN INDUSTRIAL PERSPECTIVE)

Τα παραπάνω στοιχεία περιορίζουν τη χρήση των σαρωτών χωρίς επαφή στις βιομηχανικές μονάδες όπου η ακρίβεια των πληροφοριών που συλλέγονται είναι δευτερεύουσα της ταχύτητας με την οποία συλλέγονται οι πληροφορίες αυτές. Τα τελευταία χρόνια όμως, λόγω της συνεχής έρευνας στο αντικείμενο της οπτικής και της ανάπτυξης laser, η ακρίβεια των εμπορικά διαθέσιμων σαρωτών χωρίς επαφή βελτιώνεται συνεχώς.

1.4 Στάδιο 2 - Επεξεργασία Σημείων (Point Processing)

Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει την εισαγωγή των νεφών σημείων που έχουν δημιουργηθεί από τη φάση της σάρωσης, σε ειδικό λογισμικό το οποίο θα επεξεργαστεί και πιθανώς θα ελαττώσει το «θόρυβο» και τον αριθμό των σημείων. Αυτό το έργο επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης ενός εύρους από προκαθορισμένα φίλτρα, σχεδιασμένα για τον σκοπό αυτό. Η γνώση των φίλτρων από τους χρήστες που κάνουν την επεξεργασία αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική· χρειάζεται κάθε φορά να γνωρίζουν με βάση το αντικείμενο προς επεξεργασία, ποιο είναι το συγκεκριμένο φίλτρο που χρειάζεται. Ένα ακόμα στοιχείο που επιτυγχάνεται κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου είναι η ένωση και ο συνδυασμός πολλών διαφορετικών σαρώσεων για την επίτευξη της βέλτιστης ψηφιακής αποτύπωσης του αντικειμένου, διότι αρκετές φορές χρειάζονται πολλαπλές σαρώσεις, από διαφορετικές πλευρές και γωνίες για να αποτυπώνονται όλα τα στοιχεία του αντικειμένου αυτού. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι χρειάζεται να σχεδιάζουμε με σωστή στρατηγική τη σάρωση που θα πραγματοποιήσουμε, καθότι αυτό έχει άμεση επίδραση στην επεξεργασία των σημείων στο δεύτερο στάδιο. Ο σωστός σχεδιασμός των σαρώσεων μειώνει την προσπάθεια που χρειάζεται σε αυτή τη φάση για την επεξεργασία σημείων καθώς επίσης και την πιθανότητα λαθών κατά την ένωση των πολλών διαφορετικών σαρώσεων.

Το αποτέλεσμα αυτής της φάσης είναι ένα καθαρό, με συνοχή, νέφος σημείων το οποίο έχει το format που επιθυμούμε (επιφάνειες σχεδίου CAD κ.α.).

1.5 Στάδιο 3 – Γεωμετρική Ανάπτυξη Μοντέλου

Με τον ίδιο τρόπο που η ταχεία πρωτοτυποποίηση παίζει καταλυτικό ρόλο στη μείωση του χρόνου δημιουργίας φυσικών μοντέλων από σχέδια CAD, οι σημερινές εφαρμογές της Αντίστροφης Μηχανικής και της τρισδιάστατης σάρωσης βοηθάνε σημαντικά στη μείωση του χρόνου που απαιτείται για τη δημιουργία ενός σχεδίου CAD από μία υπάρχουσα φυσική αναπαράσταση ενός αντικειμένου – υποσυστήματος. Είναι υπαρκτή η ανάγκη για τη δημιουργία σχεδίων CAD από υλικά αντικείμενα σε κάθε εισαγωγή ενός προϊόντος στη διαδικασία της παραγωγής.

Η δημιουργία τέτοιων σχεδίων CAD από νέφη σημείων είναι πιθανότατα η πιο πολύπλοκη διαδικασία στην Αντίστροφη Μηχανική, διότι χρειάζεται να αναπτύσσονται αλγόριθμοι που δημιουργούν επιφάνειες οι οποίες αποτυπώνουν με ακρίβεια τις τρισδιάστατες συντεταγμένες που βρίσκονται στα νέφη σημείων.

Το στάδιο αυτό εξαρτάται πολύ και από τον πραγματικό σκοπό της εφαρμογής της Αντίστροφης Μηχανικής. Για παράδειγμα, εάν σαρώναμε ένα φθαρμένο δίσκο αυτοκινήτου με σκοπό τη δημιουργία ενός νέου, θα στοχεύαμε περισσότερο στην γεωμετρική απεικόνιση του μοντέλου καθώς και στη δημιουργία ενός κώδικα ISO G που θα χρησιμοποιηθεί για να παραχθεί ο νέος αυτός δίσκος στο μικρότερο δυνατό χρόνο. Μία ακόμα περίπτωση είναι και η χρήση της Αντίστροφης Μηχανικής για την ανάλυση και τη σύγκριση ενός αντικειμένου που έχει παραχθεί, με το σχέδιο CAD το οποίο υπάρχει γι' αυτό. Αυτό περιλαμβάνει την υπερθέτηση του νέφους σημείων που έχει προκύψει από την τρισδιάστατη σάρωση του αντικειμένου πάνω στο ήδη υπάρχον σχέδιο

CAD. Το υπάρχον λογισμικό της Αντίστροφης Μηχανικής μας δίνει αυτή τη δυνατότητα να συγκρίνουμε τα δύο μοντέλα.

Το στάδιο αυτό επίσης περιέχει τη σάρωση ανθρώπινων αρθρώσεων για το σχεδιασμό πρόσθετων που θα είναι πανομοιότυπες με τις πραγματικές, ειδικά σχεδιασμένες για κάθε ασθενή.

Το αποτέλεσμα αυτής της φάσης είναι το γεωμετρικό μοντέλο σε κάποιο ή σε κάποια από τα διαφορετικά εμπορικά formats μοντέλων – σχεδίων όπως: IGES, VDA, STL, DXF, OBJ, VRML, ISO G κώδικα, κ.α.

2. Το NextEngine 3D-Scanner και το ScanStudioHD

Στο κεφάλαιο αυτό θα προσπαθήσουμε να αναδείξουμε τα βασικά χαρακτηριστικά του ψηφιοποιητή NextEngine 3D Scanner καθώς και του συνοδευτικού του λογισμικού, ScanStudioHD, που χρησιμοποιήθηκε για τη σάρωση των αντικειμένων που πραγματοποιήσαμε.



Εικόνα 4: Το 3D Scanner της NextEngine.

2.1 Προδιαγραφές του Ψηφιοποιητή

Το πρώτο και βασικό προτέρημα που διαθέτει ο ψηφιοποιητής της NextEngine είναι το μέγεθός του, το οποίο είναι περίπου όσο ένα κουτί δημητριακών (9" x 4" x 11"). Αυτό το καθιστά εύκολο στη μεταφορά καθώς και στη χρήση του. Ο ψηφιοποιητής έρχεται μαζί με ένα μηχανικά περιστρεφόμενο βάθρο καθώς και το λογισμικό για την αποτύπωση και την επεξεργασία των προς σάρωση μοντέλων το ScanStudio HD.

Ο ψηφιοποιητής διαθέτει δύο σειρές από τέσσερα solid state lasers, δύο κάμερες 3.0 megapixel και δύο φλας για φωτογραφίες. Τα laser και οι αισθητήρες χρησιμοποιούν την τεχνολογία NextEngine MultiStripe Laser καθώς και RGB υφή χρωμάτων για τη σύλληψη ψηφιακών μοντέλων με χαρακτηριστική υφή. Τον ψηφιοποιητή επίσης συνοδεύει και ένας περιστροφικός αναδραστικός μηχανισμός ελέγχου (rotary servo positioner) ο οποίος ελέγχεται από το συνοδευτικό λογισμικό. Η επικοινωνία με τον υπολογιστή γίνεται μέσω θύρας USB 2.0.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του ψηφιοποιητή είναι τα εξής:

- Σάρωση με laser 1600dpi
- Εύρος σάρωσης 13.5x10.1 ίντσες
- Ακρίβεια διαστάσεων $\pm 0.005''$ σε λειτουργία Macro και $\pm 0.015''$ σε λειτουργία Wide

Τα αντικείμενα στηρίζονται στο εμπρόσθιο μέρος του ψηφιοποιητή, πάνω στο μηχανικά περιστρεφόμενο βάθρο το οποίο μπορεί να στηρίξει βάρος μέχρι και 9.09 kg με μέγιστη διάμετρο 20.3 cm και ύψος 27.9 cm. Αντικείμενα με μεγαλύτερες από τις διαστάσεις που αναφέρθηκαν, μπορούν να σαρωθούν σε

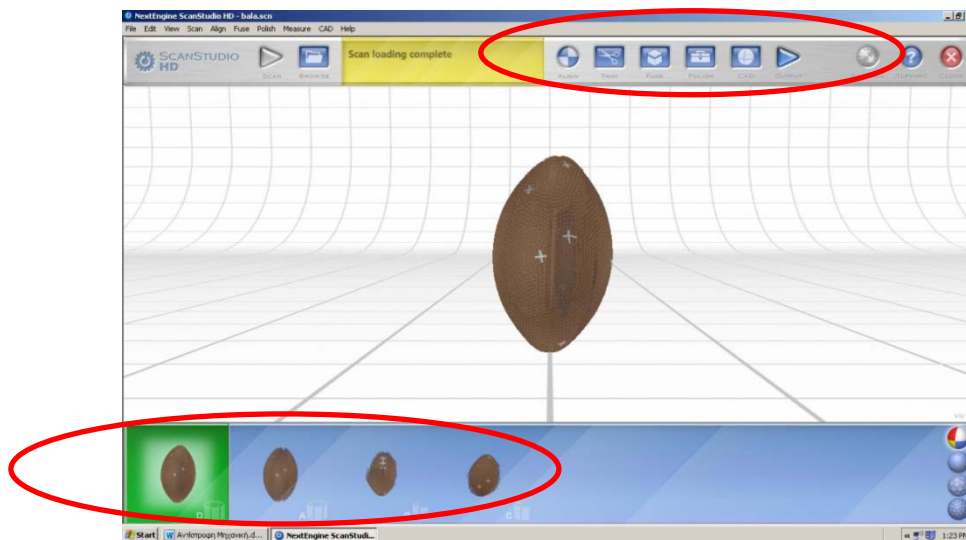
μέρη και στη συνέχεια να ενωθούν και να συναρμολογηθούν με το λογισμικό που διατίθεται προκειμένου να δημιουργηθεί το επιθυμητό μοντέλο.

2.2 Το λογισμικό ScanStudioHD

Το λογισμικό ScanStudio που διατίθεται μαζί με τον ψηφιοποιητή εξυπηρετεί τρεις βασικούς σκοπούς:

- Εστίαση και καθορισμός των παραμέτρων της σάρωσης
- Ευθυγράμμιση και ένωση των πολλών διαφορετικών μερών σάρωσης του αντικειμένου
- Τελική επεξεργασία των δεδομένων της σάρωσης.

Η επιφάνεια εργασίας του λογισμικού έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να υποστηρίζει μια τυπική εργασία σάρωσης, από τα αριστερά προς τα δεξιά με τις διαφορετικές επεξεργασίες που βρίσκονται στο πάνω μέρος της οθόνης. Η κάθε ξεχωριστή σάρωση βρίσκεται ξεχωριστά σε μικρά εικονίδια στο κάτω μέρος.



Εικόνα 5: Η επιφάνεια εργασίας του λογισμικού. Φαίνονται οι βασικές επεξεργασίες στο πάνω μέρος καθώς και η κάθε ξεχωριστή σάρωση στο κάτω.

Μετά τη σύνδεση του σαρωτή με τον Η/Υ και μετά τη σύνδεση του Autodrive και του PartGripper με το σαρωτή, χρειάζεται να γίνουν κάποιες βασικές ρυθμίσεις και προσαρμογές στο λογισμικό, που αφορούν την απόδοση του υπολογιστή και τις λειτουργίες του ScanStudio.

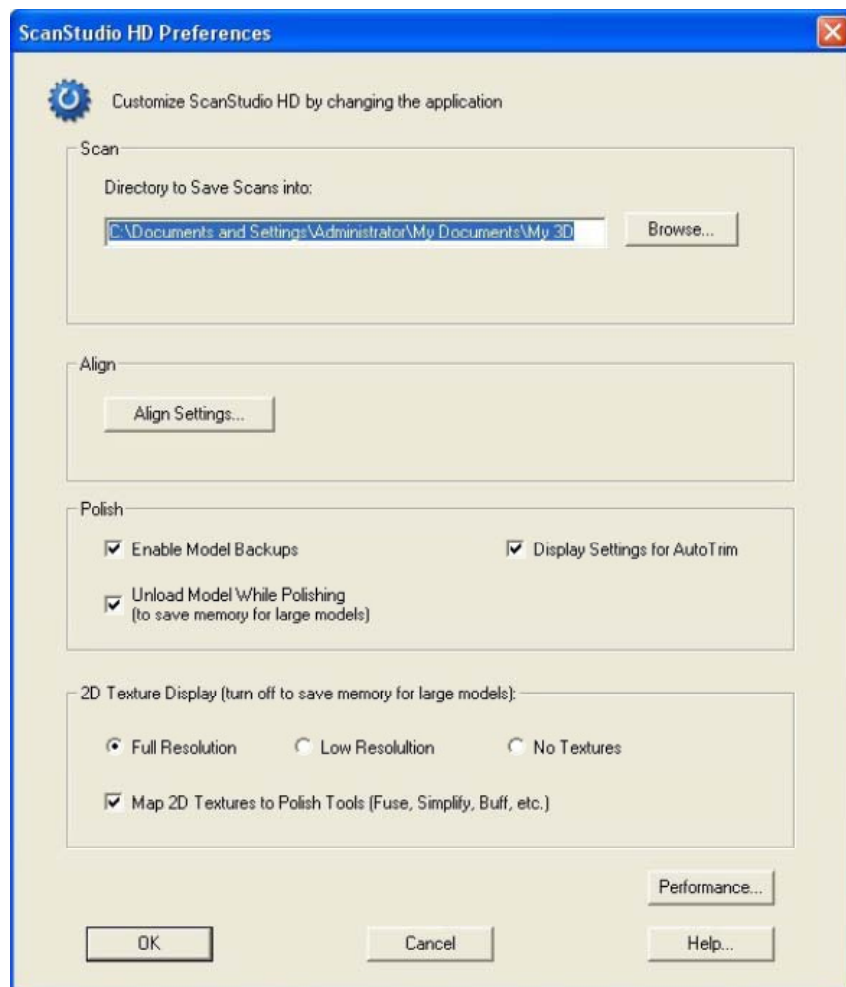
Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται οι αρχικές ρυθμίσεις που χρειάζεται να πραγματοποιηθούν (Edit – Preferences).

Scan

Ο προκαθορισμένος φάκελος στον οποίο θα μπορούμε να «σώζουμε» τις σαρώσεις.

Polish

- Ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση των Model Backups τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περίπτωση που θέλουμε να πάρουμε πίσω κάποιες αλλαγές στην επεξεργασία της σάρωσής μας (undo) αλλά και σε περίπτωση που θέλουμε να επαναφέρουμε κάποια αρχεία από δικές μας σαρώσεις που είναι χαλασμένα.
- Ρύθμιση για το αν επιθυμούμε να εμφανίζονται οι επιλογές μας στην επιλογή AutoTrim.
- Ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση της εμφάνισης του μοντέλου μας κατά τη διάρκεια επεξεργασίας Polish (το πρόγραμμα λειτουργεί πιο γρήγορα επειδή ελευθερώνεται μνήμη του υπολογιστή).



Εικόνα 6: Οι αρχικές ρύθμισης του λογισμικού ScanStudio.

2D Texture Display

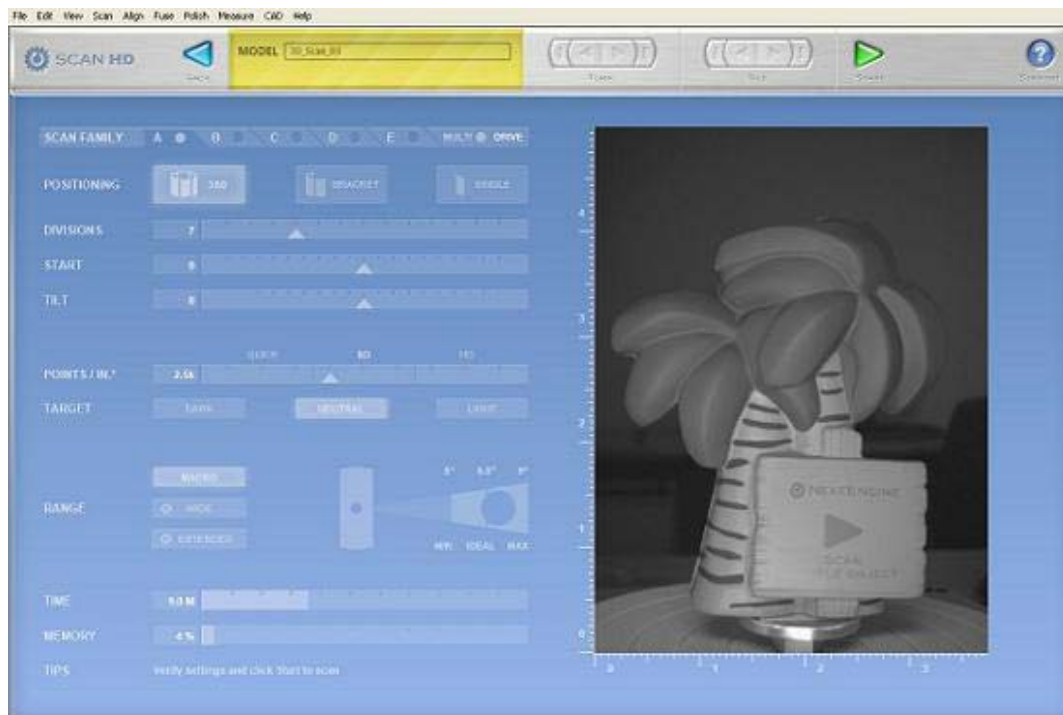
- Ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση και ρύθμιση της ποιότητας και της ανάλυσης που θα έχει κάθε μοντέλο. Εάν αυτή η ρύθμιση είναι απενεργοποιημένη τότε ελευθερώνεται μνήμη του υπολογιστή, όμως το μοντέλο μας θα μπορεί να εμφανίζεται μόνο σε Solid Mode.

2.3 Η Διαδικασία της σάρωσης – Γενικά

Θεωρητικά δεν υπάρχει όριο στις διαστάσεις του αντικειμένου το οποίο μπορεί να σαρωθεί, όμως το μέγεθός του παίζει σημαντικό ρόλο. Το πιο γνωστό αντικείμενο που έχει σαρωθεί, είναι ένα άγαλμα 2,5 μέτρων το οποίο αποτελείται από 120 διαφορετικές σαρώσεις.

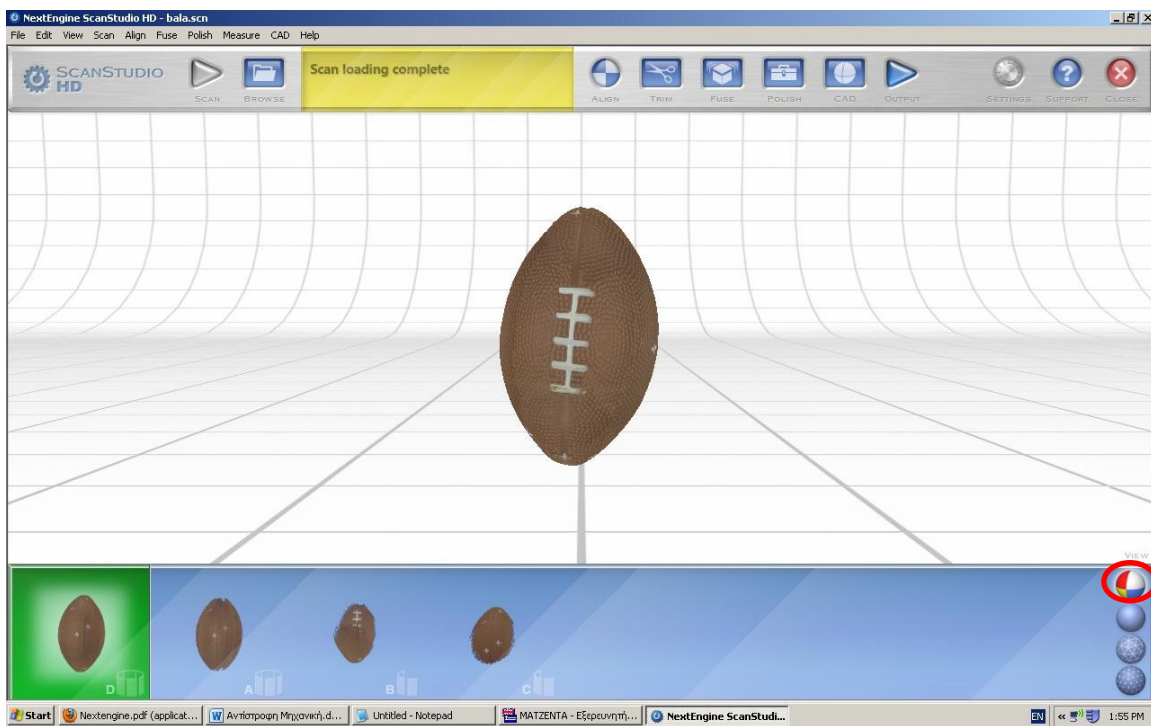
Η σάρωση αρχίζει με μία αρχική φωτογραφία του αντικειμένου από το σαρωτή. Στη συνέχεια οι δέσμες φωτός των laser που διαθέτει ο σαρωτής, σαρώνουν το αντικείμενο για τη συλλογή των δεδομένων της επιφάνειάς του, και έπειτα τα δεδομένα αυτά επεξεργάζονται για την επαλήθευση της ακρίβειας της επιφάνειας αυτής.

Η διαδικασία της σάρωσης ξεκινάει με το πάτημα του πράσινου κομβίου που ανοίγει αυτόματα τις ρυθμίσεις της σάρωσης. Εκεί μπορούμε να επιλέξουμε τον τύπο της σάρωσης, την ταχύτητά της, το φωτισμό του δωματίου στο οποίο βρισκόμαστε και το επίπεδο της λεπτομέρειας που θέλουμε να έχουμε. Το παράθυρο “View” επιτρέπει την επανατοποθέτηση του αντικειμένου καθώς και την επιλογή της επιφάνειας της σάρωσης προκειμένου να έχουμε ένα αποτέλεσμα μοντέλου πανομοιότυπου. Στη συνέχεια πατάμε το κουμπί “Scan” και μετά από ενενήντα δευτερόλεπτα έχουμε στη διάθεσή μας το μοντέλο για περαιτέρω επεξεργασία.

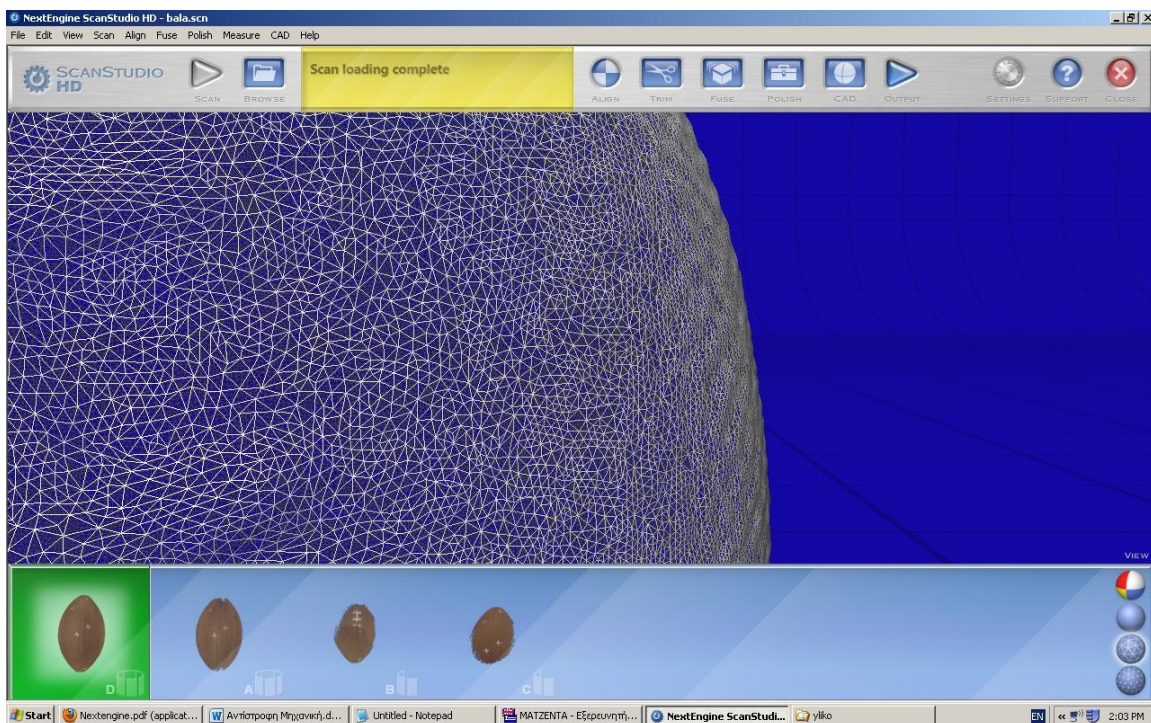


Εικόνα 7: Ρυθμίσεις της σάρωσης

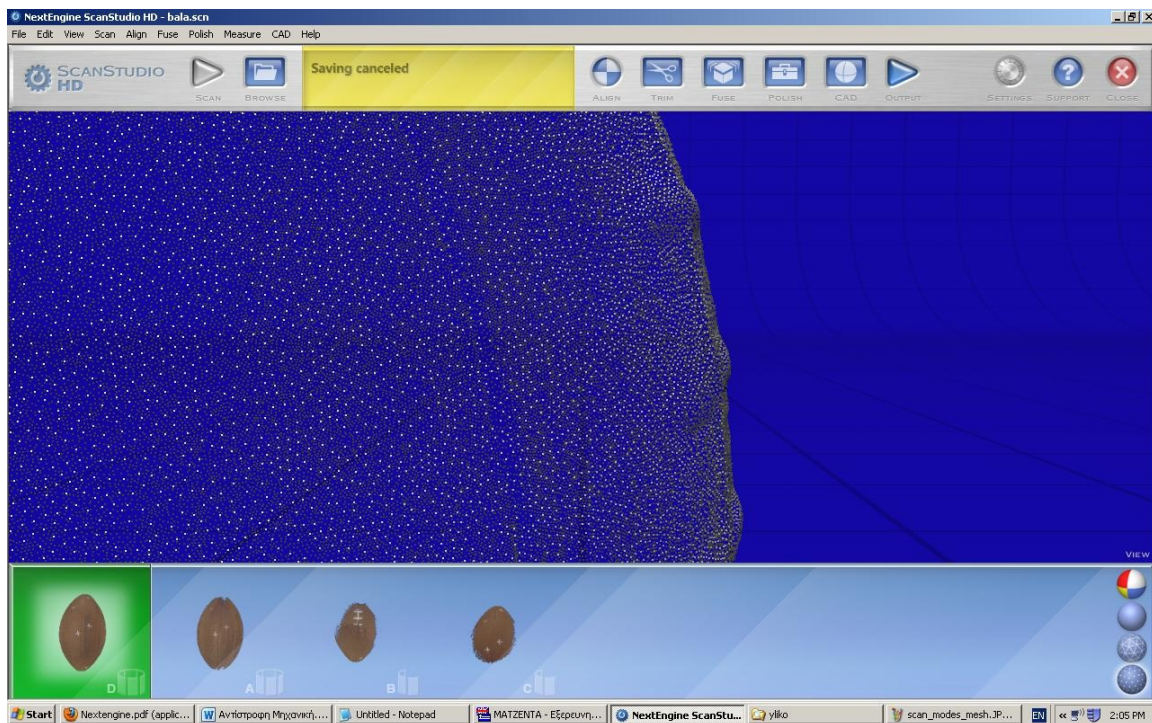
Μετά την ολοκλήρωση αυτής της διαδικασίας τα jpeg pixels αντιστοιχίζονται στα δεδομένα της επιφάνειας που έχουν συλλεχθεί με αποτέλεσμα τη δημιουργία του μοντέλου σε ψηφιακή μορφή, το οποίο μπορούμε να δούμε και να επεξεργαστούμε σε έγχρωμη μορφή, στερεή, πλέγματος ή σε μορφή νέφους σημείων.



Εικόνα 8: Η έγχρωμη μορφή (color mode)

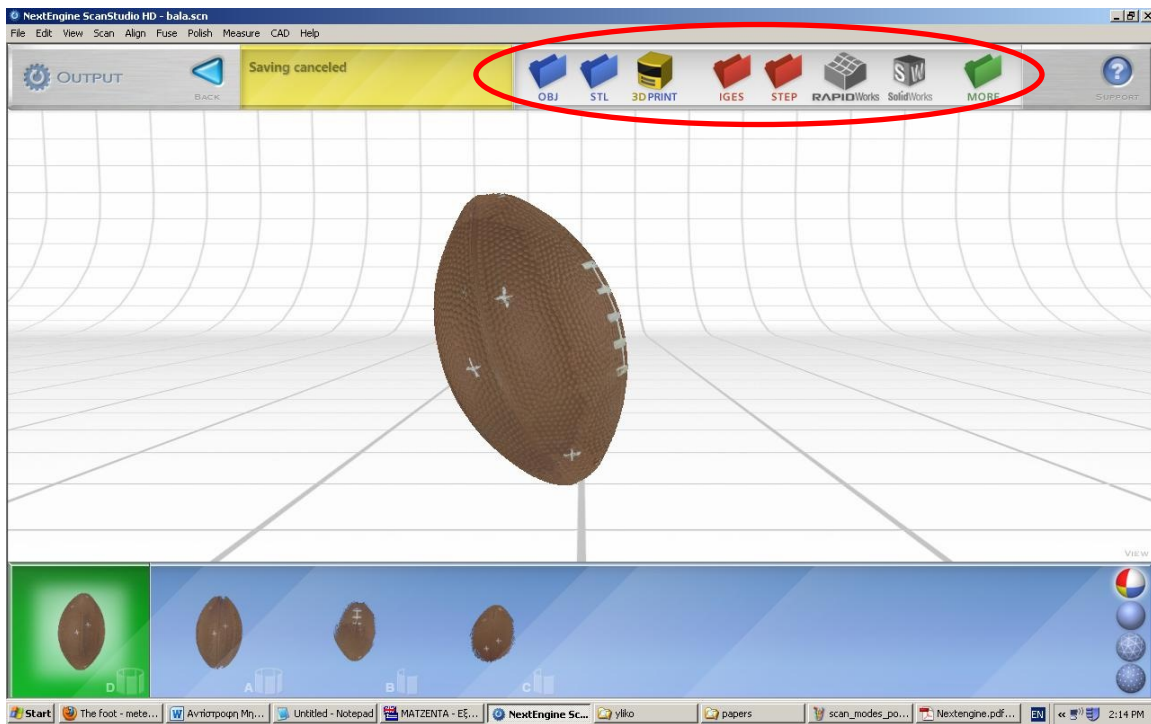


Εικόνα 9: Μορφή πλέγματος (mesh mode)



Εικόνα 10: Μορφή νέφους σημείων (point cloud mode)

Το ScanStudio μας δίνει τη δυνατότητα να χειριστούμε τον σαρωτή, καθώς και τη δυνατότητα της επεξεργασίας των δεδομένων που προκύπτουν μετά τη σάρωση ώστε να ευθυγραμμίσουμε τις πιθανά πολλαπλές σαρώσεις, να γεμίζουμε τρύπες, να ρυθμίσουμε τη στυλπνότητα, καθώς και να διαγράψουμε επιφάνειες που επικαλύπτουν η μία την άλλη. Το αποτέλεσμα είναι ένα μοντέλο με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά, το οποίο μπορούμε να κάνουμε “save” σε διάφορες μορφές: STL, OBJ, XYZ, PLY, VRML και U3D.



Εικόνα 11: Τα διάφορα output files που μπορούμε να έχουμε

Το ScanStudio μεταφέρει τις σαρώσεις με ψηφιακό τρόπο σε επιφάνειες για περαιτέρω μοντελοποίηση με CAD. Τα δεδομένα αυτά στη συνέχεια εφόσον το επιθυμούμε μετατρέπονται σε NURBS (Non Uniform Rational B Splines).

3. Πρακτική Εφαρμογή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε τον τρόπο σάρωσης που ακολουθήσαμε για τα αντικείμενα που σαρώσαμε, βήμα προς βήμα. Θα γίνει προσπάθεια να αναλυθεί ο ακριβής τρόπος με τον οποίο πραγματοποιούνται οι επιθυμητές σαρώσεις στα αντικείμενα προκειμένου να μπορούμε να τα εξάγουμε σε ένα σχέδιο CAD για περαιτέρω επεξεργασία.

Τα αντικείμενα τα οποία επεξεργαστήκαμε είναι διαφορετικά τόσο στο μέγεθος, όσο και στην πολυπλοκότητά τους. Το πρώτο αντικείμενο το οποίο σαρώσαμε είναι μεσαίου μεγέθους καθώς και μέτριας πολυπλοκότητας: μια μπάλα από αφρολέξ που παρέχεται σα δείγμα για άσκηση μαζί με το NextEngine 3D Scanner. Το δεύτερο αντικείμενο είναι ένα μεταλλικό γλυπτό μικρού μεγέθους, μεγάλης πολυπλοκότητας και στιλπνότητας.

Μια γενική επισκόπηση των βασικών βημάτων που είναι απαραίτητα να πραγματοποιήσουμε ώστε να έχουμε το βέλτιστο δυνατό μοντέλο του αντικειμένου σε ψηφιακή μορφή είναι τα ακόλουθα:

1. Τοποθέτηση του αντικειμένου στην ειδική βάση, μπροστά από το σαρωτή.
2. Απαραίτητες ρυθμίσεις που χρειάζονται πριν από την πραγματοποίηση της σάρωσης: ρύθμιση της απόστασης ανάλογα με το μέγεθος του αντικειμένου, ρύθμιση Wide/Macro, αριθμός σαρώσεων που απαιτείται για την πλήρη σάρωση όλων των επιφανειών του αντικειμένου κ.α.
3. Σάρωση του αντικειμένου.
4. Ευθυγράμμιση των σαρώσεων που πραγματοποιήθηκαν.

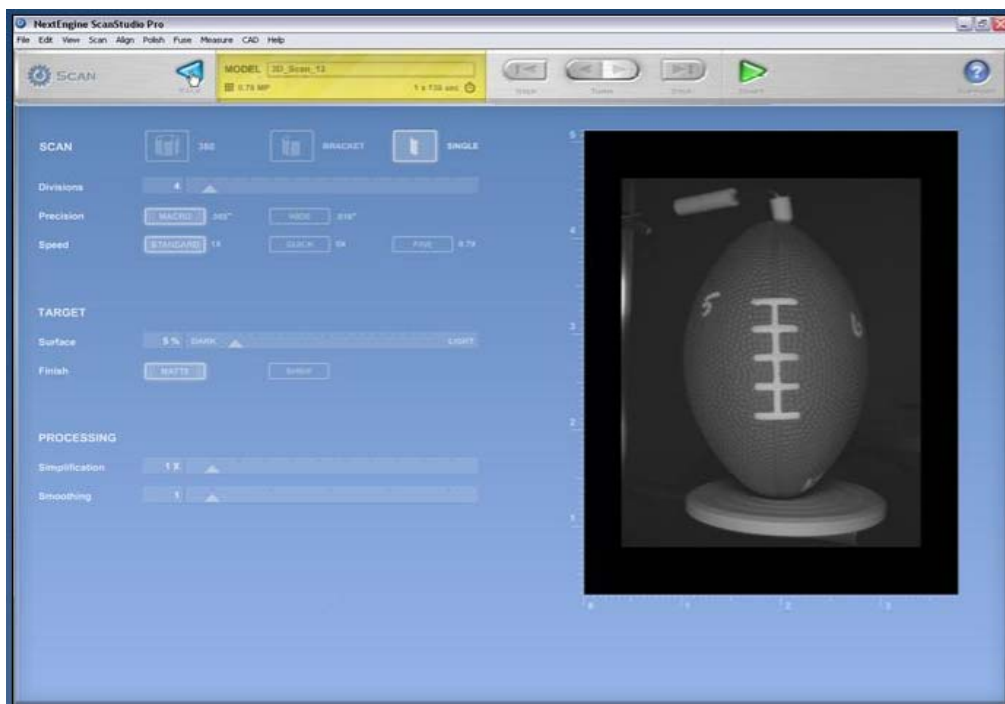
5. «Κόψιμο» (trim) τμημάτων του αντικειμένου που δε χρειαζόμαστε (τις περισσότερες φορές αυτά είναι τα στηρίγματα που κρατάνε το αντικείμενο στην επιθυμητή θέση).
6. Διαγραφή των επιφανειών που επικαλύπτουν η μία την άλλη (fuse). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός μοντέλου συμπαγούς, μονοκόμματου, χωρίς να είναι εμφανείς οι «ραφές» και οι ενώσεις μεταξύ των σαρώσεων.
7. Περαιτέρω επεξεργασία χρωμάτων, δημιουργία στιλπνού αντικειμένου, πραγματικών χρωμάτων.
8. Προσανατολισμός του αντικειμένου.
9. Εξαγωγή του μοντέλου σε ένα από τα διάφορα δυνατά formats που μπορούμε να έχουμε.

3.1 Η μπάλα

Όπως προαναφέρθηκε, το αντικείμενο αυτό παρέχεται μαζί με το NextEngine 3D Scanner και αποτελεί ένα βασικό δείγμα με το οποίο αξίζει να ασχοληθούμε προκειμένου να δείξουμε μερικές από τις βασικές δυνατότητες του σαρωτή καθώς και του συνοδευτικού του λογισμικού, ScanStudio HD.

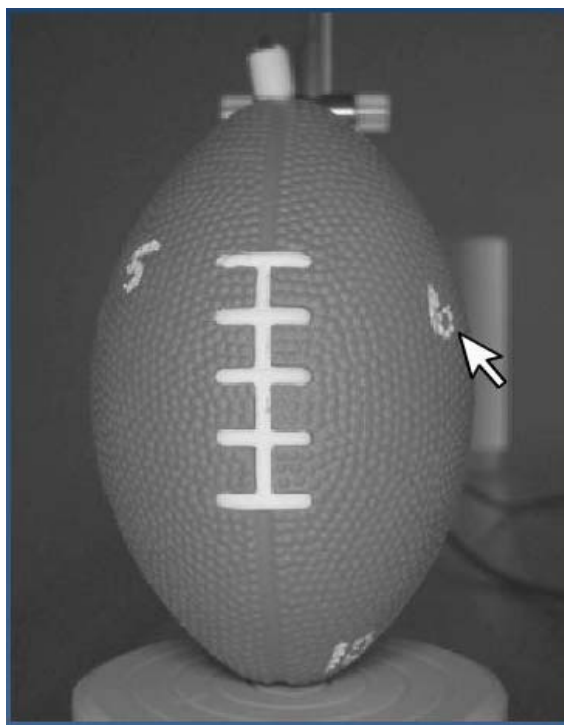
3.1.1 Τοποθέτηση του αντικειμένου – Ρυθμίσεις

Το πρώτο βήμα περιλαμβάνει την τοποθέτηση του αντικειμένου στο ειδικό στήριγμα του σαρωτή. Η σωστή τοποθέτηση παίζει σημαντικό ρόλο για το βέλτιστο αποτέλεσμα, καθώς επηρεάζει άμεσα τον αριθμό των σαρώσεων που θα χρειαστούν προκειμένου να έχουμε το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Όσο πιο λίγες σαρώσεις πραγματοποιηθούν, τόσο λιγότερη επεξεργασία θα χρειαστεί να πραγματοποιήσουμε στη συνέχεια.

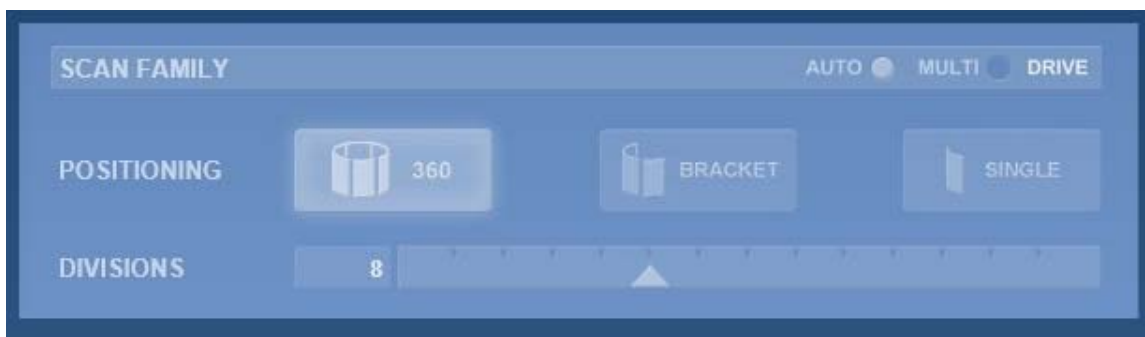


Εικόνα 12: Μενού ρυθμίσεων

Τοποθετούμε την μπάλα κάθετα στη βάση, και τη στηρίζουμε στο πάνω της μέρος. Με την τοποθέτηση αυτή θα χρειαστούμε λιγότερες σαρώσεις καθώς το μέγεθος της επιφάνειας που σαρώνουμε με αυτό τον τρόπο είναι πολύ μεγαλύτερο με κάθε σάρωση. Στη συνέχεια ρυθμίζουμε τον σαρωτή να πραγματοποιήσει σάρωση 360° μοιρών. Οι άλλες επιλογές που έχουμε είναι το Bracket Scan το οποίο πραγματοποιεί τρεις σαρώσεις από τρεις διαφορετικές γωνίες καθώς και το Single Scan το οποίο πραγματοποιεί μόνο μία σάρωση. Επομένως η ψηφιακή μορφή του αντικειμένου που θα έχουμε στη διάθεσή μας μετά το πέρας της πρώτης σάρωσης θα είναι το μεγαλύτερο μέρος της μπάλας, χωρίς τις δύο κορυφές της, οι οποίες αυτή τη στιγμή βρίσκονται στα στηρίγματα του σαρωτή. Η τοποθέτηση και οι επιλογές αυτές φαίνονται παραστατικά στις παρακάτω εικόνες:



Εικόνα 13: Τοποθέτηση του αντικειμένου στην ειδική συνοδευτική βάση.



Εικόνα 14: Επιλογή σάρωσης 360 μοιρών.

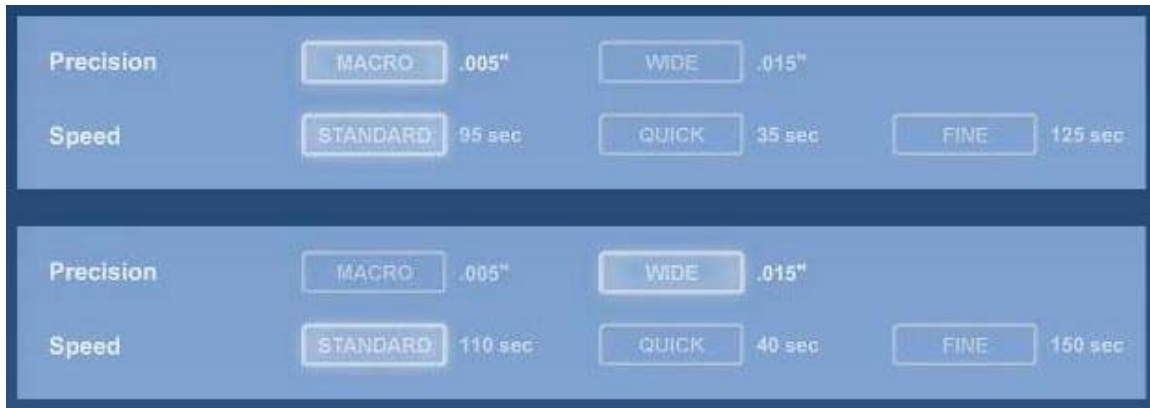
Στη συνέχεια επιλέγουμε την ακρίβεια της σάρωσης. Σε αντικείμενα που έχουν μεγάλη πολυπλοκότητα και απαιτείται λεπτομέρεια χρησιμοποιούμε τη μορφή MACRO. Στο συγκεκριμένο αντικείμενο θα χρησιμοποιήσουμε τη μορφή WIDE καθώς δεν είναι αντικείμενο τέτοιου μεγέθους πολυπλοκότητας στις επιφάνειές του.



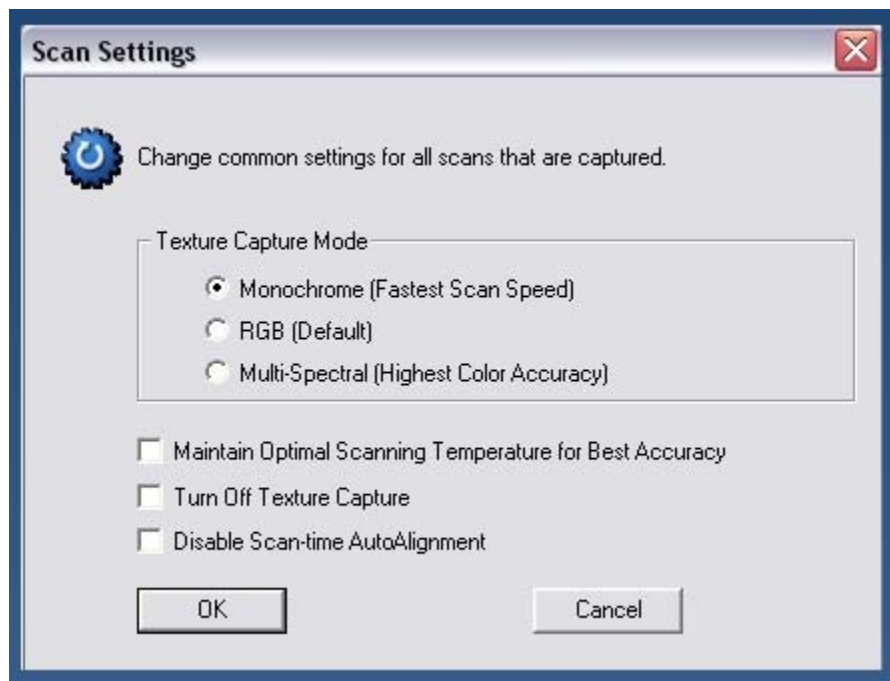
Εικόνα 15: Επιλογή σάρωσης MACRO (η επιλογή EXTENDED αφορά μόνο το ScanStudio PRO που δεν έχουμε στη διάθεσή μας).

Έπειτα διαλέγουμε την ταχύτητα πραγματοποίησης της σάρωσης. Και πάλι στην περίπτωση αυτή, η ταχύτητα έχει να κάνει με την ποιότητα της σάρωσής μας καθώς αυτή επηρεάζεται από το πόσο πολύπλοκη είναι η επιφάνεια του αντικειμένου. Στην μπάλα χρησιμοποιούμε την επιλογή Standard. Σε περίπτωση που αυτό που μας ενδιαφέρει είναι να έχουμε τις ψηφιακές διαστάσεις του

αντικειμένου – πρωτότυπου – μπορούμε να πλοηγηθούμε στο μενού Scan -> Settings -> Texture Capture Mode και να διαλέξουμε Monochrome ή No Texture Capture για μεγαλύτερη ταχύτητα.



Εικόνα 16: Επιλογή ακρίβειας Standard.



Εικόνα 17: Δυνατότητα επιλογής No Texture Capture.

Οι άλλες δυνατές επιλογές αφορούν το αντικείμενο και συγκεκριμένα το χρωματισμό του. Σε περίπτωση που το αντικείμενό μας είναι άσπρο και σιλιπνό,

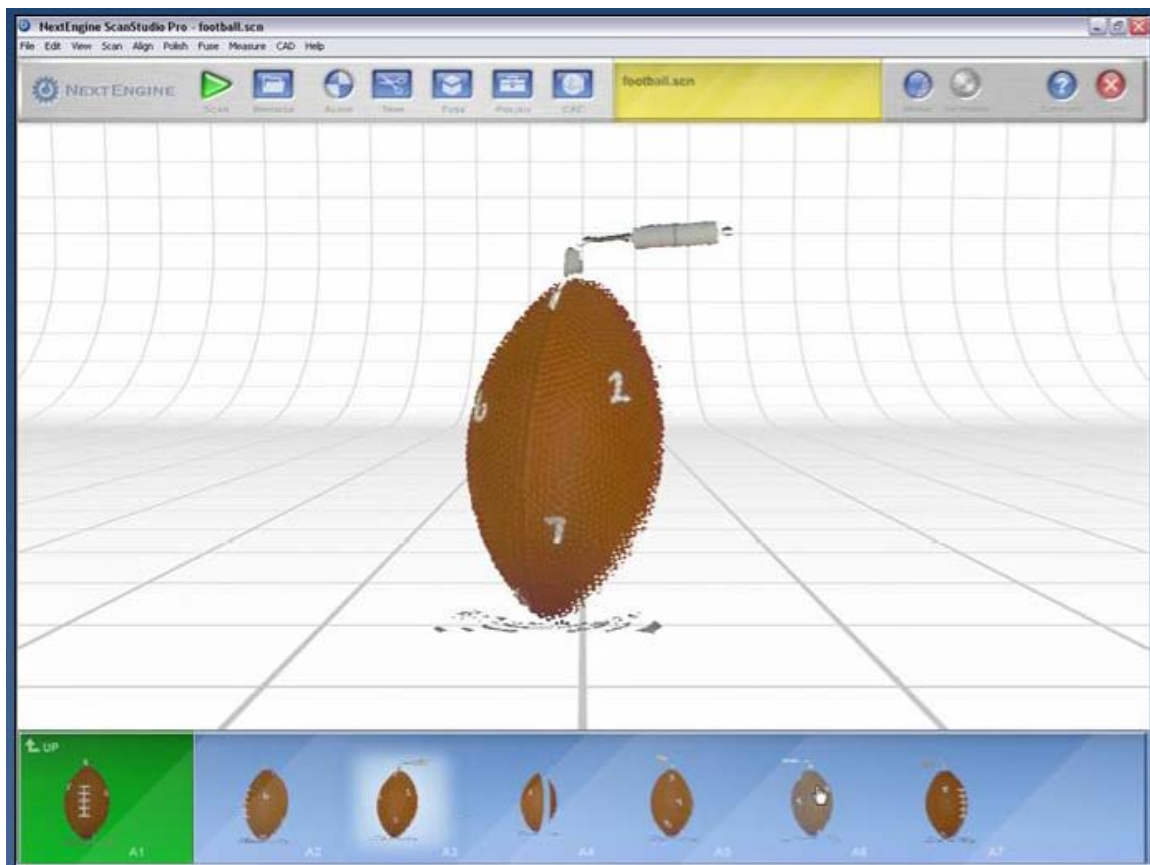
φροντίζουμε να επιλέξουμε το Target -> Surface -> Light ενώ το αντίθετο όταν είναι σκούρων αποχρώσεων και μικρής ή μηδαμινής στιλπνότητας.

Η τελευταία ρύθμιση αφορά τη δυνατότητα αυτόματης ευθυγράμμισης των διάφορων σαρώσεων που παρέχει το ScanStudio HD. Με αυτή την επιλογή, μετά το πέρας των σαρώσεων το μοντέλο που προκύπτει είναι αυτόματα ευθυγραμμισμένο (Autoaligned). Σε μοντέλα μεγάλης πολυπλοκότητας, δεν θα πρέπει να το επιλέγουμε διότι τις περισσότερες φορές το λογισμικό δεν μπορεί να καταλάβει πως να ενώσει τις διάφορες σαρώσεις με αποτέλεσμα η μία σάρωση να καλύπτει ολοσχερώς τις υπόλοιπες.

Αφού πραγματοποιήσουμε τις ρυθμίσεις αυτές, είμαστε έτοιμοι να ξεκινήσουμε τη διαδικασία της σάρωσης του αντικειμένου, πατώντας το κουμπί Scan.

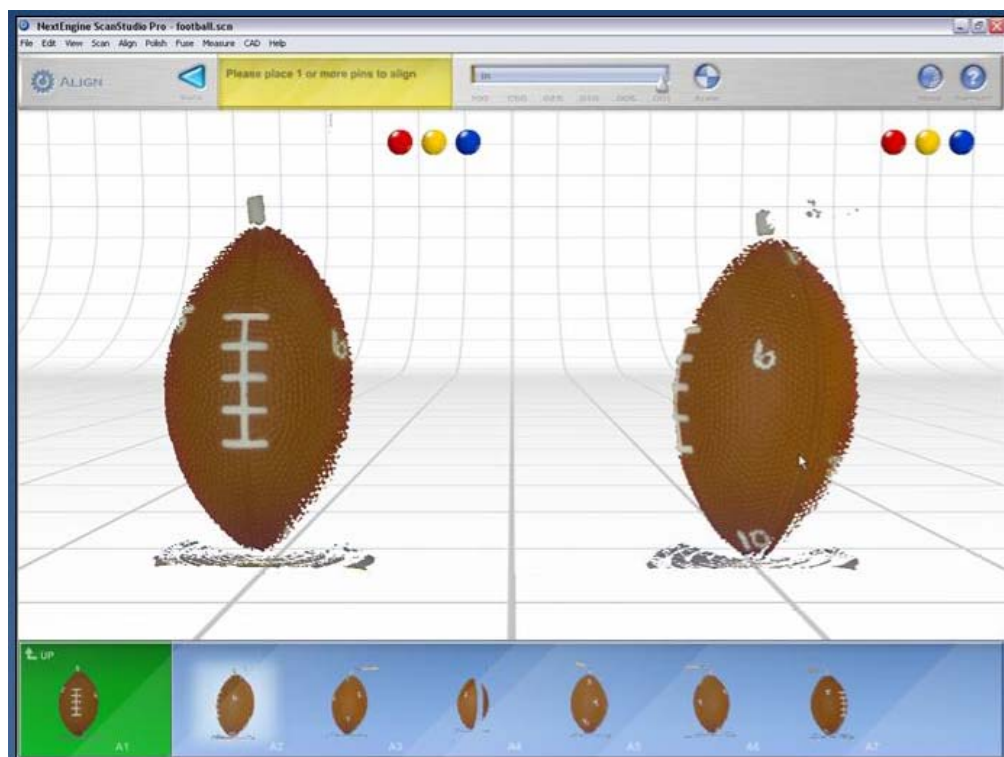
3.1.2 Επεξεργασία του μοντέλου

Μετά την πραγματοποίηση της σάρωσης το μοντέλο που δημιουργούμε αποτελείται από μια οικογένεια σαρώσεων που αυτόματα ονομάζεται A. Όπως μπορούμε να δούμε και στην εικόνα που ακολουθεί, έχουμε επτά διαφορετικές σαρώσεις που αποτελούν τη συγκεκριμένη οικογένεια. Οι σαρώσεις αυτές στην ουσία είναι φωτογραφίες του αντικειμένου από επτά διαφορετικές γωνίες οι οποίες αν ενωθούν θα μας δώσουν το επιθυμητό αποτέλεσμα (χωρίς τις άνω και κάτω πλευρές).

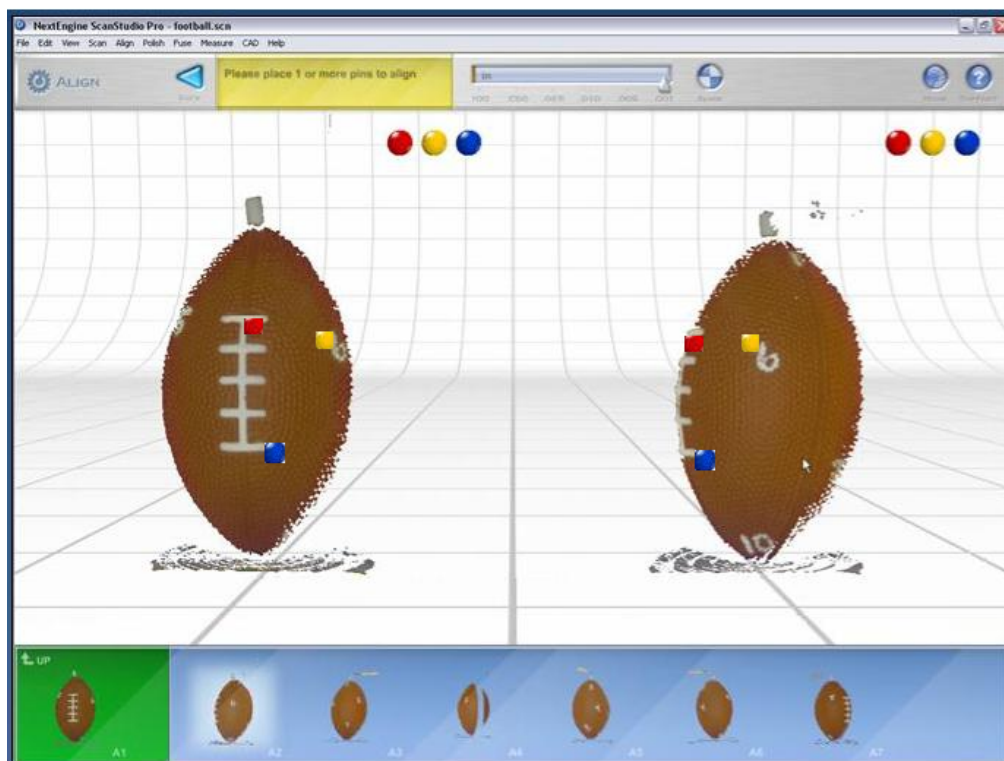


Εικόνα 18: Η πρώτη μορφή του αντικειμένου.

Επομένως το πρώτο βήμα που χρειάζεται να πραγματοποιήσουμε μετά τη σάρωση είναι η ευθυγράμμιση του συνόλου των σαρώσεων. Αυτό γίνεται με τη δυνατότητα που μας δίνει το λογισμικό να τοποθετήσουμε pins σε όσα σημεία θέλουμε, προκειμένου αυτά να εφαρμόζουν το ένα με το άλλο. Αυτό συμβαίνει διότι η κάθε διαφορετική σάρωση δεν καλύπτει μοναδικά μια επιφάνεια, επομένως υπάρχουν κοινά σημεία μεταξύ της κάθε διαφορετικής σάρωσης. Τοποθετούμε λοιπόν κάθε pin σε σημεία που ανήκουν σε κοινές επιφάνειες μεταξύ των σαρώσεων.



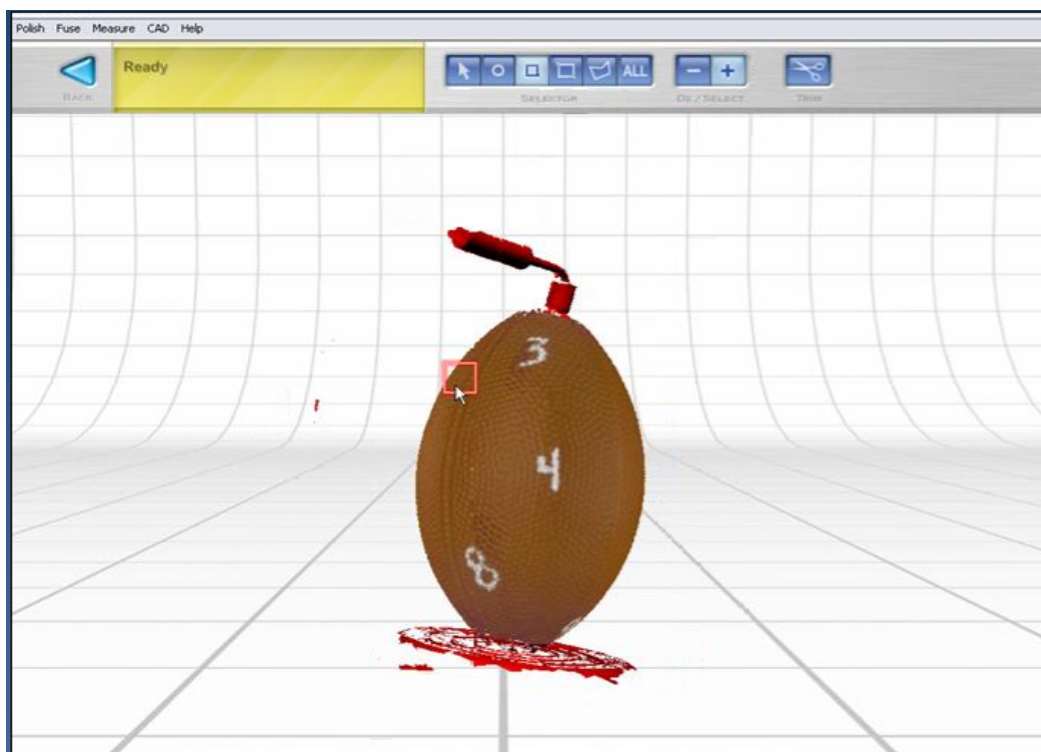
Εικόνα 19: Ευθυγράμμιση σαρώσεων.



Εικόνα 20: Τοποθέτηση των pins για την ευθυγράμμιση.

Στη συνέχεια, αφού ευθυγραμμίσουμε τις σαρώσεις μας και έχουμε το επιθυμητό μοντέλο, χρειάζεται να σβήσουμε όλες τις επιφάνειες που δεν ανήκουν στο αντικείμενο αυτό με το εργαλείο Trim.

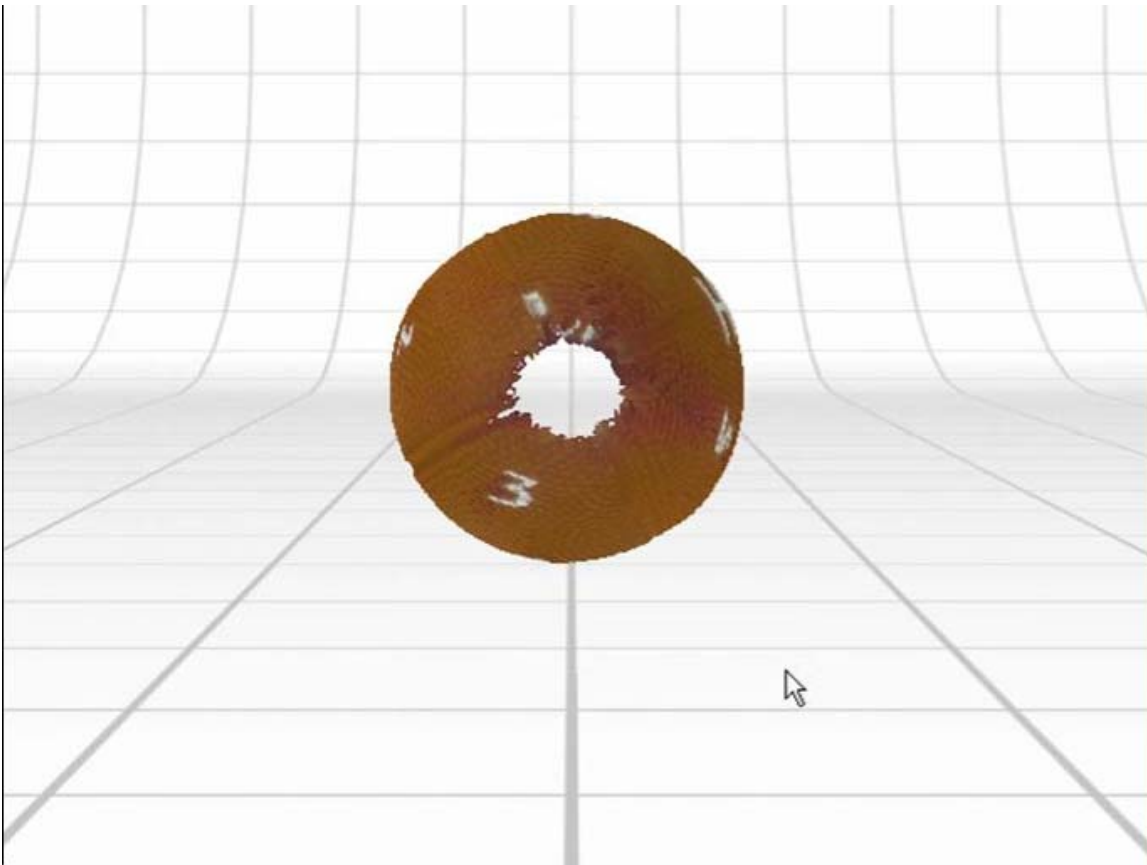
Αφού επιλέξουμε το εργαλείο αυτό, στη συνέχεια μαρκάρουμε με προσοχή τις επιφάνειες τις οποίες πρόκειται να διαγράψουμε από το μοντέλο μας. Οι επιφάνειες που πρόκειται να διαγραφτούν από το μοντέλο μαρκάρονται με κόκκινο χρώμα. Το selector εργαλείο που ανοίγει στη συνέχεια, μας δίνει τη δυνατότητα να μαρκάρουμε επιφάνειες διάφορων γεωμετρικών σχημάτων για να έχουμε μεγαλύτερη ακρίβεια. Εάν χωρίς να το θέλουμε, επιλέξουμε επιφάνεια που δεν επιθυμούμε να διαγράψουμε μπορούμε πατήσουμε το (-) στο De/Select και να επιλέξουμε επιφάνειες που θέλουμε να επαναφέρουμε στο μοντέλο μας. Αφού επιλέξουμε τις επιφάνειες που θέλουμε να διαγράψουμε πατάμε το κουμπί Trim και πραγματοποιούμε την επεξεργασία αυτή.



Εικόνα 21: Επιλογή επιφανειών που θέλουμε να διαγράψουμε.

3.1.3 Υπόλοιπες οικογένειες σαρώσεων

Τώρα μπορούμε να δούμε ότι έχουμε μια ολοκληρωμένη σάρωση 360° μοιρών, χωρίς όμως τις άνω και κάτω περιοχές.



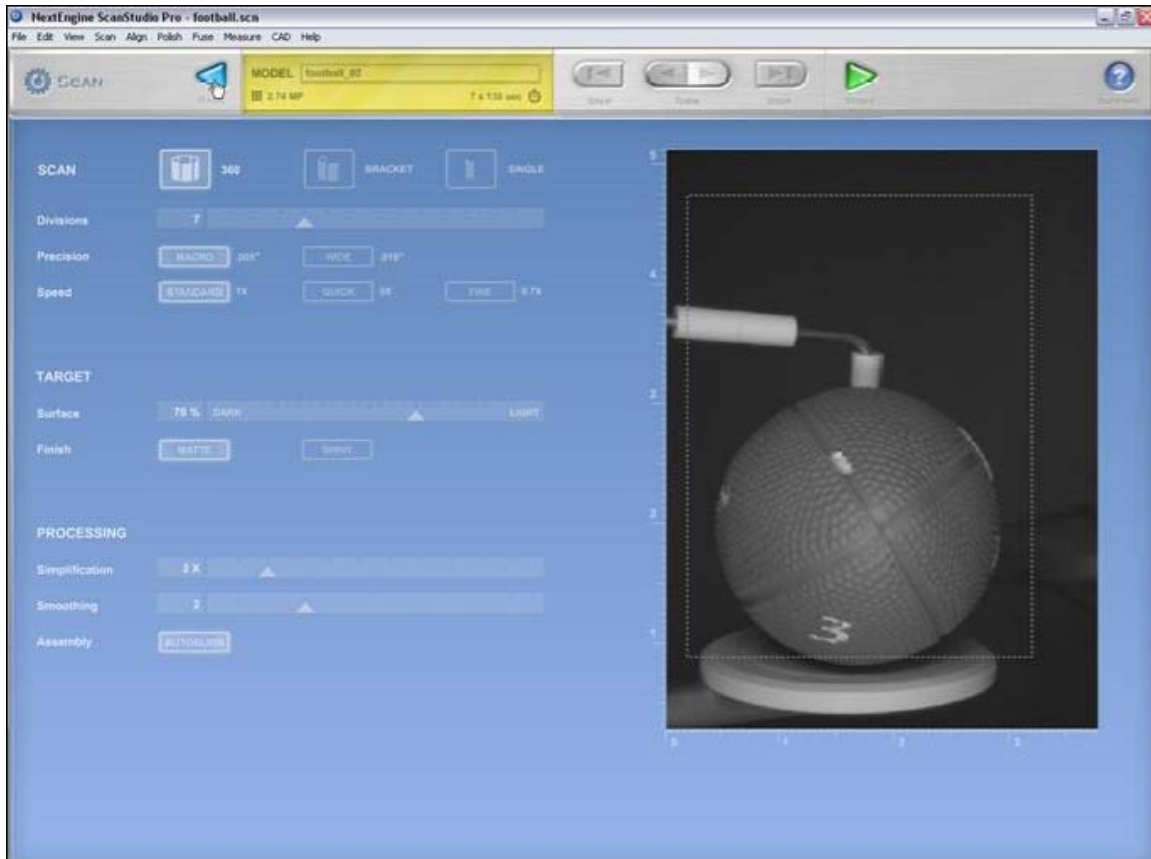
Εικόνα 22: Επιφάνειες που χρειάζεται να σαρωθούν με τη δεύτερη οικογένεια σαρώσεων.

Αυτό που χρειάζεται να κάνουμε, είναι να επανατοποθετήσουμε το αντικείμενο οριζόντια στη βάση, για να σαρώσουμε τις δύο υπόλοιπες επιφάνειες. Αυτό μπορεί να γίνει με τρεις διαφορετικούς τρόπους:

1. Πραγματοποιούμε δύο Single scans για τις δύο επιφάνειες ξεχωριστά.
 2. Πραγματοποιούμε δύο bracket scans για τις δύο επιφάνειες ξεχωριστά.
- Αυτή η περίπτωση είναι πιο αξιόπιστη από την 1 διότι είναι πιο εύκολο να πραγματοποιήσουμε την ευθυγράμμιση που θα χρειαστεί.

3. Πραγματοποιούμε μια πλήρη σάρωση 360° μοιρών. Αυτό δε συνίσταται διότι θα χρειαστεί περισσότερη επεξεργασία αφού οι δύο οικογένειες σαρώσεων που θα προκύψουν (Α και Β) θα επικαλύπτουν ολοκληρωτικά η μία την άλλη.

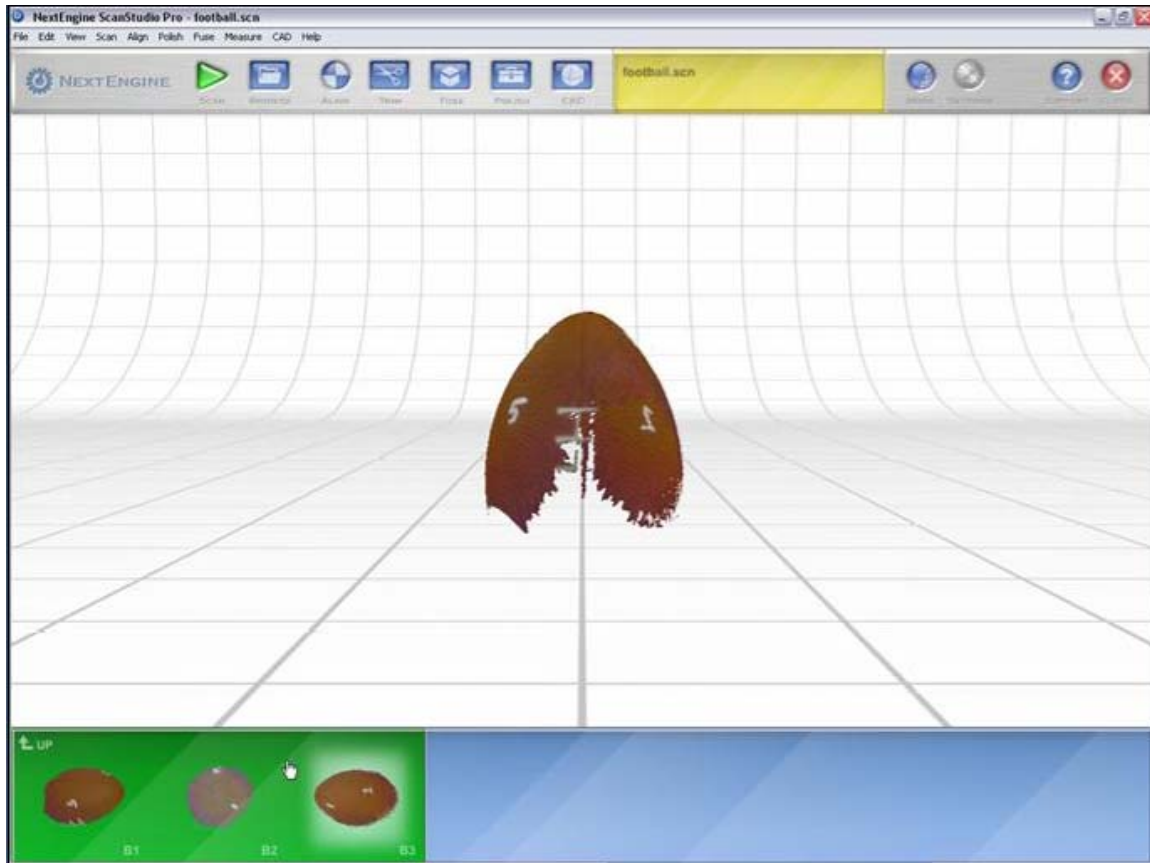
Πατάμε λοιπόν το κουμπί “Scan” που μας επιστρέφει στην επιλογή ρυθμίσεων για τη σάρωση που πρόκειται να κάνουμε. Επανατοποθετούμε το αντικείμενο με τρόπο ώστε να σαρώσουμε τις επιθυμητές επιφάνειες, στη συνέχεια επιλέγουμε το bracket scan και πατάμε το scan προκειμένου να σαρώσουμε το αντικείμενο.



Εικόνα 23: Ρυθμίσεις για τη δεύτερη οικογένεια σαρώσεων.

Επειδή δεν μετακινήσαμε τη βάση στην οποία τοποθετούμε το αντικείμενο αλλά μονάχα το αντικείμενο, μετά τη λήξη της σάρωσης, δε χρειάζεται να

ευθυγραμμίσουμε τις επιφάνειες που σαρώθηκαν εμείς, αλλά γίνεται αυτόματα με το Autoalign.

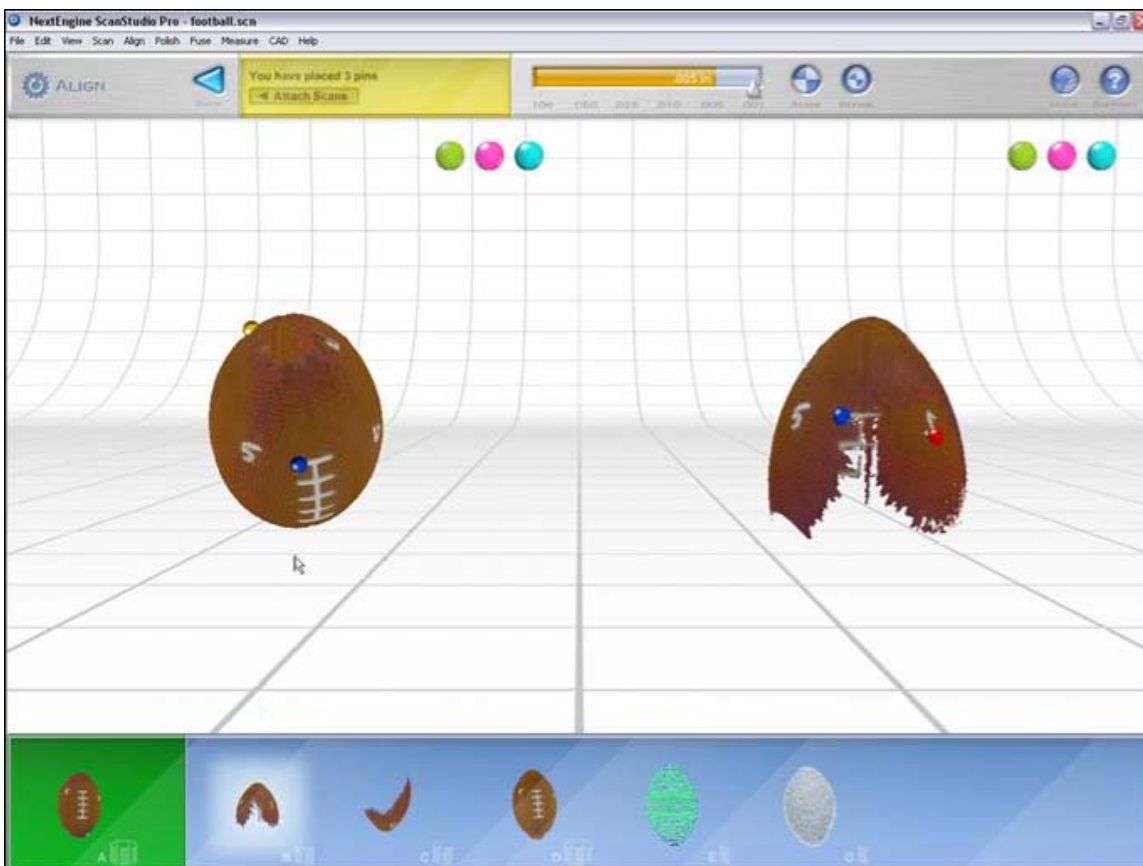


Εικόνα 24: Αυτόματη ευθυγράμμιση – Auto align.

Η ίδια ακριβώς διαδικασία χρειάζεται να εφαρμοστεί για να σαρώσουμε την τελευταία επιφάνεια που μας απομένει. Επανατοποθετούμε το αντικείμενο, επιλέγουμε το bracket scan, σαρώνουμε, και προκύπτει η τρίτη οικογένεια σαρώσεων που αφορά την τελευταία μας επιφάνεια, η οποία είναι και αυτή αυτόματα ευθυγραμμισμένη.

Πριν περάσουμε στην τελική επεξεργασία και μορφοποίηση του αντικειμένου, αυτό που χρειάζεται να κάνουμε είναι η ευθυγράμμιση των τριών οικογενειών σαρώσεων που πραγματοποιήσαμε (A, B και C).

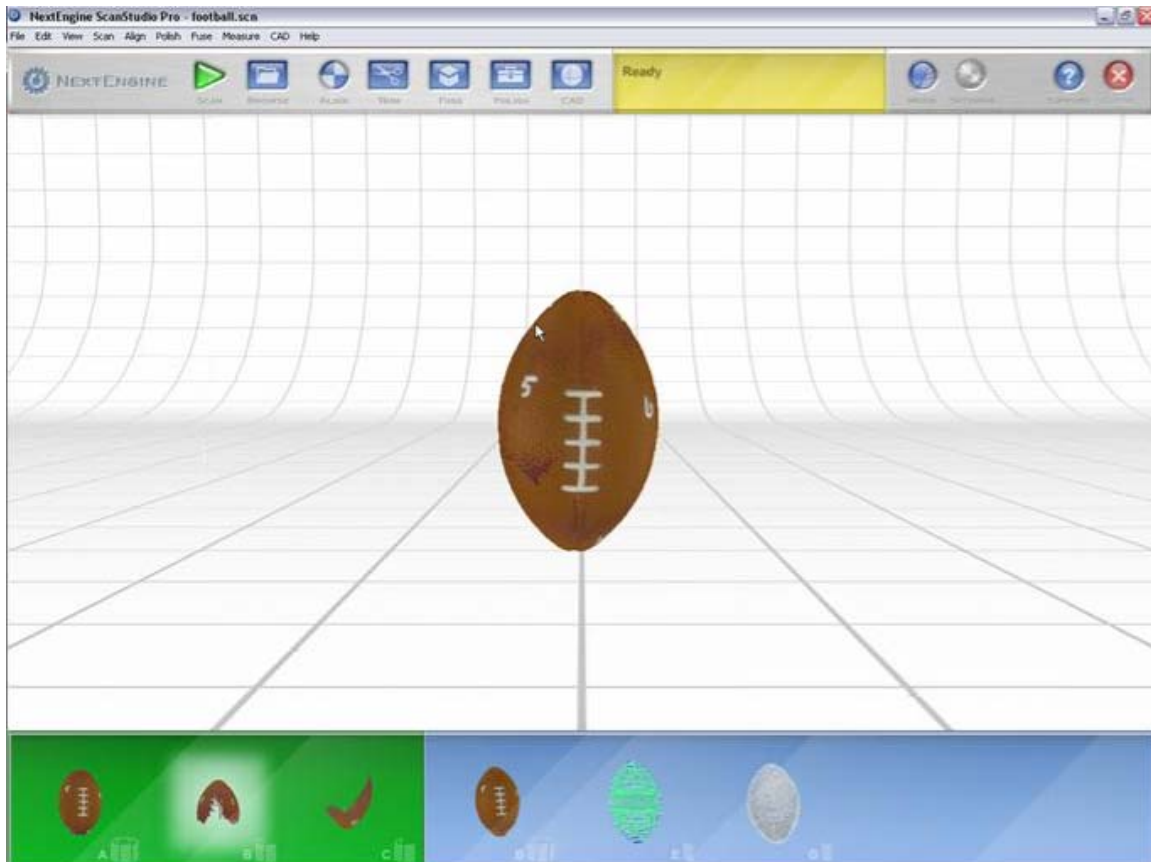
Πατάμε το κουμπί “Align” και ερχόμαστε στην οθόνη που φαίνονται οι δύο οικογένειες σαρώσεων που θα ενώσουμε. Στη συνέχεια τοποθετούμε pins σε κοινά σημεία σαρώσεων – τις περισσότερες φορές για ένωση διαφορετικών οικογενειών τα τρία pins είναι αρκετά. Έπειτα πατάμε το κουμπί “Attach Scans” και μετά από κάποια δευτερόλεπτα έχουμε στη διάθεσή μας τις δύο ενωμένες σαρώσεις στο αριστερό μέρος του παραθύρου. Η τρίτη οικογένεια (C) έρχεται αυτόματα στο δεξί μέρος του παραθύρου για να συνεχίσουμε την ένωση των τριών σαρώσεων. Επαναλαμβάνουμε την παραπάνω διαδικασία και για την τελευταία οικογένεια έτσι ώστε να έχουμε ένα ολοκληρωμένο μοντέλο, έτοιμο για την τελική επεξεργασία.



Εικόνα 25: Ευθυγράμμιση των διαφορετικών οικογενειών.

Σε άλλα αντικείμενα υπάρχει περίπτωση να χρειαζόταν στην παρούσα φάση να επαναλαμβάναμε τη διαδικασία διαγραφής επιφανειών για τις άλλες οικογένειες σαρώσεων.

Ακολουθεί το μοντέλο μετά την ένωση των διαφορετικών σαρώσεων:

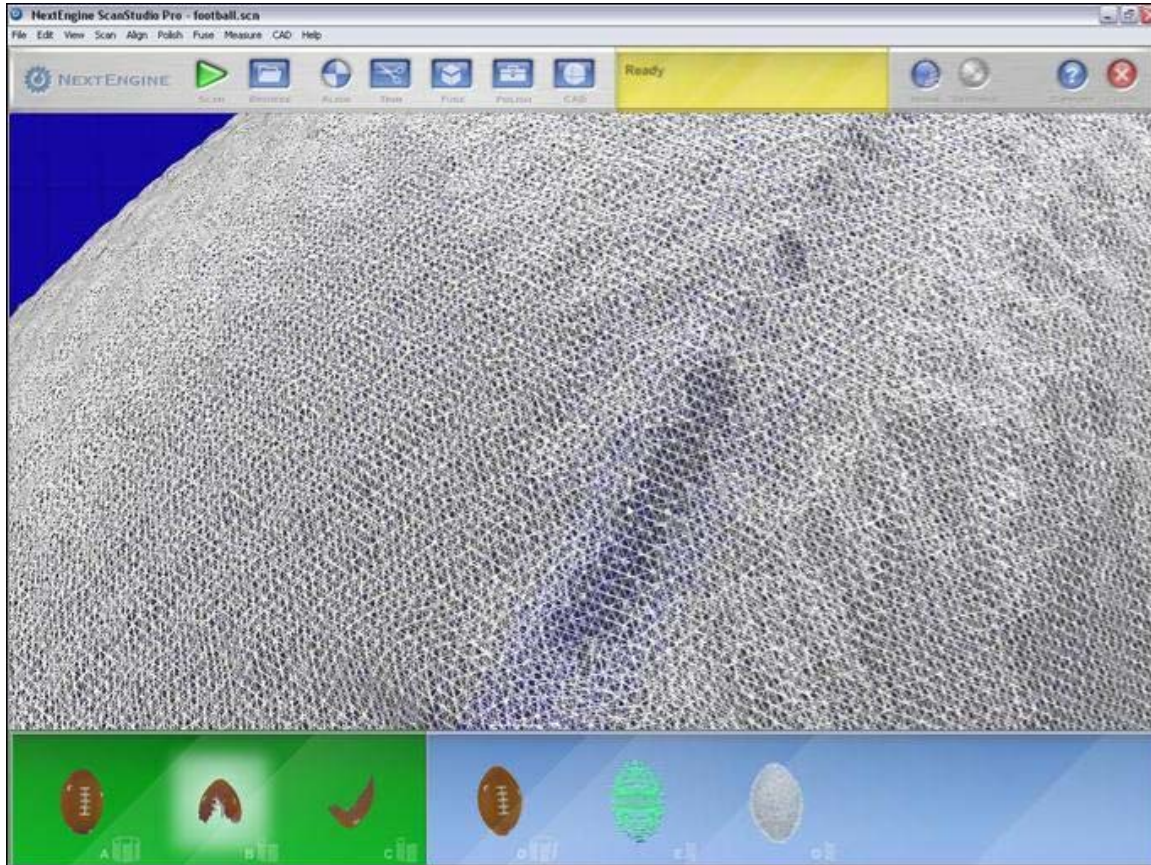


Εικόνα 26: Το μοντέλο μετά την ένωση των διαφορετικών οικογενειών σαρώσεων.

3.1.4 Τελική επεξεργασία

Στο μοντέλο που έχουμε στη διάθεσή μας τώρα, μπορούμε να αλλάξουμε τον τρόπο που εμφανίζεται στην οθόνη πατώντας το κουμπί Mode, ανάμεσα στη στερεή, πλέγματος ή σε μορφή νέφους σημείων. Συγκεκριμένα στη μορφή

πλέγματος κάνοντας zoom μπορούμε να διακρίνουμε την ύπαρξη των διάφορων σαρώσεων που επικαλύπτουν το ένα το άλλο.

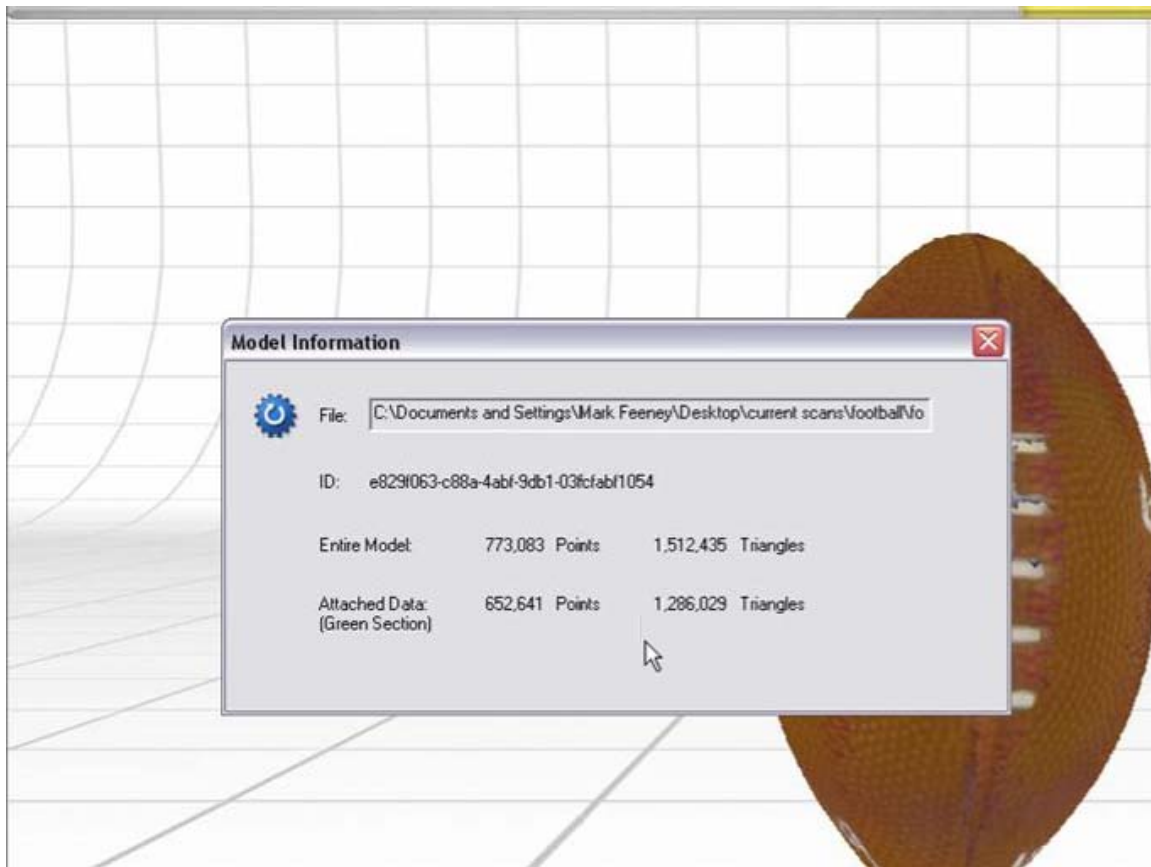


Εικόνα 27: Μορφή πλέγματος (mesh mode).

Η επεξεργασία, επομένως, που χρειάζεται να κάνουμε σε αυτή την φάση ονομάζεται fuse, και είναι η διαγραφή όλων των επιφανειών που επικαλύπτουν κάποια άλλη. Στην ουσία θα απλοποιήσουμε το μοντέλο σε ένα μόνο σύνολο πλέγματος καθώς και να μειώσουμε τα τρίγωνα που το αποτελούν που αποτυπώνει με το βέλτιστο τρόπο την επιφάνεια του.

Πατάμε το κουμπί fuse και εμφανίζεται το μενού που μπορούμε να επιλέξουμε το ποσό της απλοποίησης που θα κάνουμε στο αντικείμενό μας. Πατώντας το κουμπί “Settings” μπορούμε να ενεργοποιήσουμε την επιλογή “Fill All Holes” το

οποίο γεμίζει όλες τις επιφάνειες που δεν έχουν υλικό ή να ρυθμίσουμε τη διάμετρο των επιφανειών που θα γεμίσει, από ένα κάτω φράγμα. Στην περίπτωση μας, δεν θέλουμε να απλοποιήσουμε περισσότερο το αντικείμενο επομένως ρυθμίζουμε το “Tolerance” στο 0.00. Για την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας που περιγράψαμε, μπορούμε να πλοηγηθούμε στο File -> Model Information το οποίο μας δίνει πληροφορίες για τον αριθμό των τριγώνων που αποτελούν το αντικείμενό μας, καθώς και τον αριθμό των σημείων. Οι πληροφορίες διαχωρίζονται και αφορούν το συγκεκριμένο μοντέλο που έχουμε attached (η πράσινη περιοχή) καθώς και για όλες τις σαρωμένες επιφάνειες.

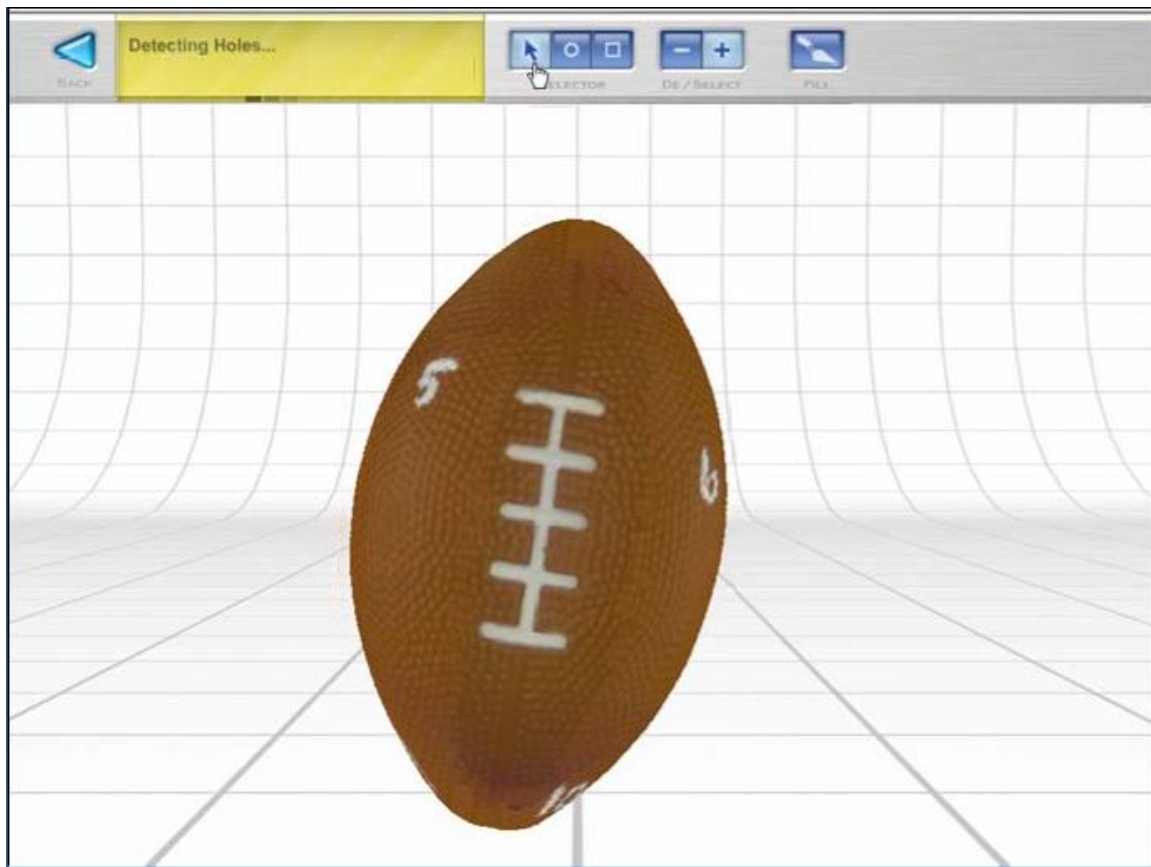


Εικόνα 28: Η επιλογή Model Information

Εάν προσέξουμε τους αριθμούς αυτούς θα μπορούμε να διακρίνουμε πως η πλήρης τελική επιφάνεια που έχουμε στην πράσινη περιοχή (attached data)

αποτελείται από αρκετές χιλιάδες λιγότερα σημεία και τρίγωνα, από το σύνολο των επιφανειών που έχουμε σαρώσει. Αυτό οφείλεται στη μείωση του αριθμού των τριγώνων που γίνεται με την απλοποίηση του μοντέλου από την επεξεργασία Fuse.

Η επόμενη επεξεργασία που θα πραγματοποιήσουμε στο αντικείμενό μας είναι η επιλογή Polish. Αυτή μας δίνει τη δυνατότητα να γεμίσουμε επιφάνειες που δεν έχουν καλυφθεί, λόγω πιθανής πολυπλοκότητας του αντικειμένου, επιλέγοντας αυτές και πατώντας το κουμπί fill holes. Υπάρχουν δύο διαφορετικά σχήματα – μήτρες με τα οποία μπορούμε να επιλέξουμε τις επιφάνειες αυτές ανάλογα με το γεωμετρικό τους σχήμα.



Εικόνα 29: Η επιλογή Fill Holes στην κατηγορία Polish

Η δεύτερη επιλογή που μας δίνει η επεξεργασία αυτή είναι η επιλογή Buff. Η επιλογή αυτή μας δίνει τη δυνατότητα να κάνουμε περιοχές (ή και όλο το αντικείμενο) του αντικειμένου πιο ομαλές, με λιγότερη τραχύτητα. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τρεις διαφορετικούς αλγορίθμους προκειμένου να πραγματοποιήσουμε αυτή την επεξεργασία:

1. Laplacian
2. Loop
3. Curvature

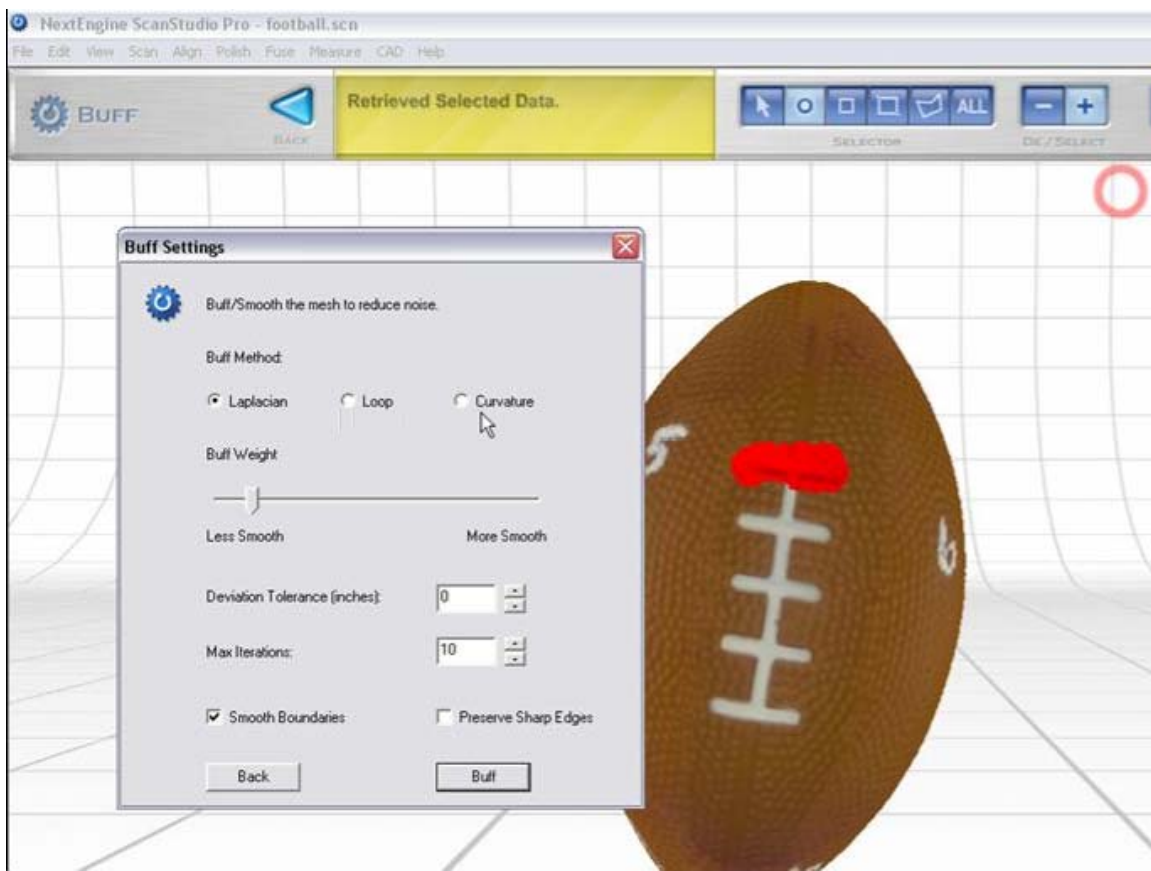
Μπορούμε να ρυθμίσουμε το ποσό τραχύτητας που θέλουμε να επιτύχουμε στο αντικείμενό μας, την ανοχή – απόκλιση, καθώς και τις επαναλήψεις που θα εφαρμοστεί ο αλγόριθμος που θα επιλέξουμε.

Τέλος, και εδώ μπορούμε να επιλέξουμε τις επιφάνειες που επιθυμούμε να συμπληρώσουμε με βέλτιστο τρόπο ανάλογα με το σχήμα τους, στη συνέχεια πατάμε το κουμπί buff, και πραγματοποιείται η επιλογή μας.

Η τελευταία επιλογή που μας δίνεται στο εργαλείο Polish είναι η Simplify. Εδώ μπορούμε να απλοποιήσουμε το μοντέλο μας σε λιγότερα τρίγωνα και λιγότερα σημεία, προκειμένου να είναι πιο συμπαγές, λείο, ενιαίο, χωρίς να έχει εμφανή σημεία ή επιφάνειες που επικαλύπτουν η μία την άλλη.

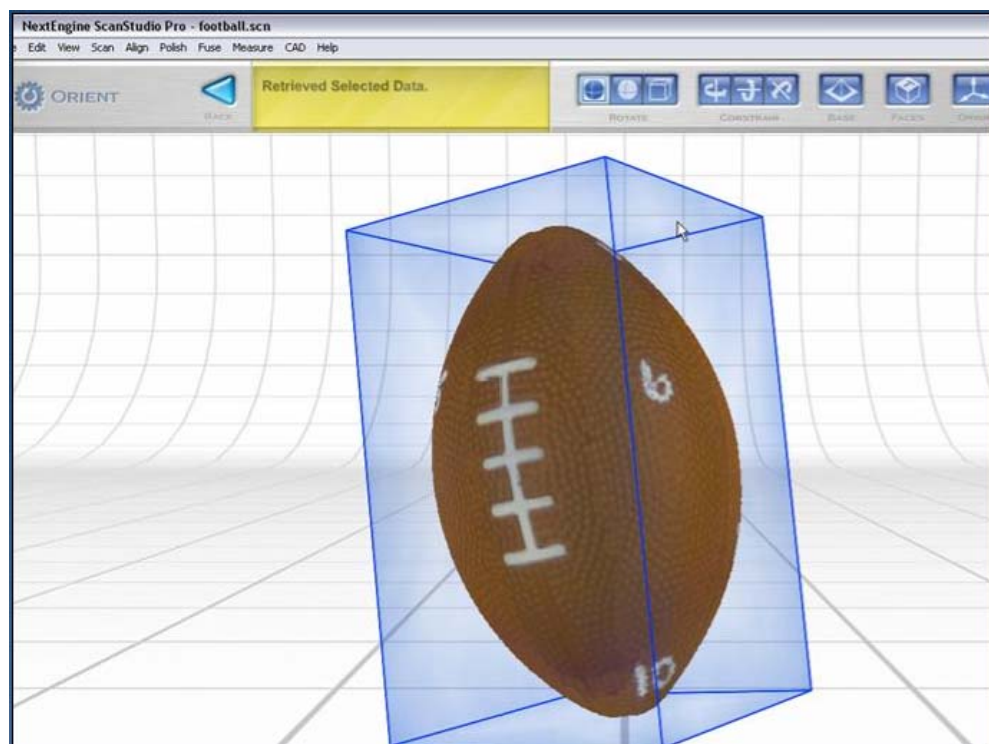
Η διαφορά του Simplify και του Fill από το προηγούμενο εργαλείο (Fuse), είναι το ότι εδώ μπορούμε να επιλέξουμε ακριβώς, μόνο τις επιφάνειες που επιθυμούμε για περισσότερη επεξεργασία, ενώ στο εργαλείο Fuse η διαδικασία αυτή γίνεται σε ολόκληρο το αντικείμενο. Χρειάζεται σε αυτό το σημείο να γίνει σαφές το ότι λόγω του πολύ μεγάλου μεγέθους σημείων και τριγώνων που αποτελούν το μοντέλο μας μετά τις σαρώσεις, πάντα χρειάζεται να γίνεται

τουλάχιστον μία βασική απλοποίηση του συνολικού αντικειμένου με το εργαλείο Fuse προκειμένου να προχωρήσουμε σε επιμέρους επεξεργασίες. Αυτό χρειάζεται να γίνει και για λόγους επεξεργαστικής ισχύς και μνήμης του υπολογιστή, καθώς και για να έχουμε ένα μοντέλο το οποίο είναι συμπαγές, με σαφείς και διακριτές επιφάνειες και χαρακτηριστικά.

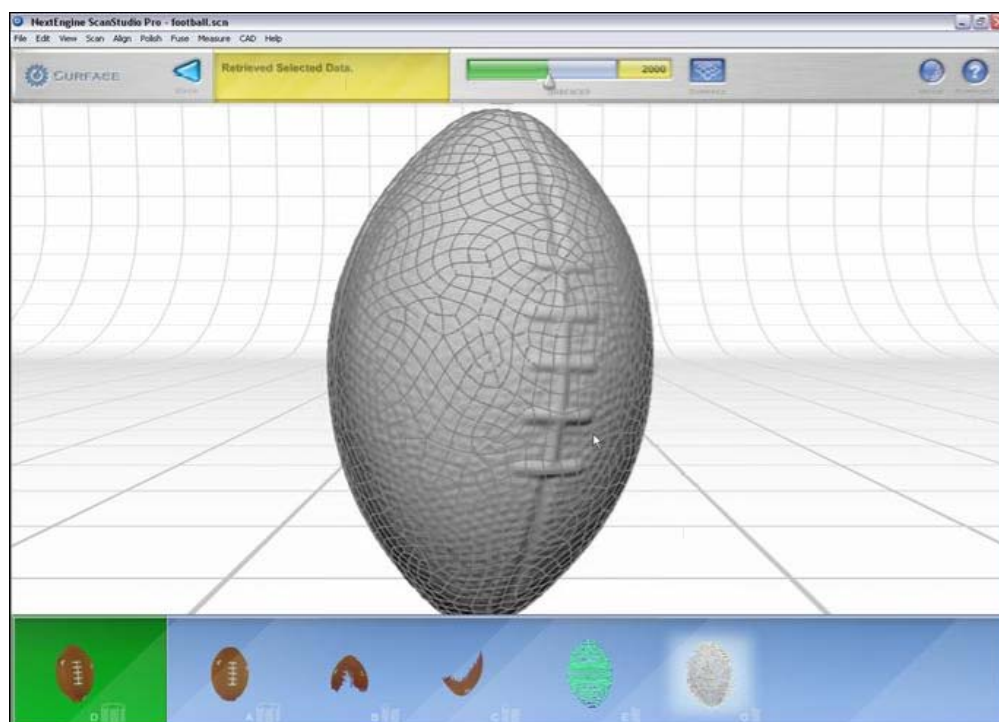


Εικόνα 30: Η επιλογή buff

Το τελευταίο εργαλείο που έχουμε στη διάθεσή μας με το ScanStudio HD είναι η επιλογή CAD. Μπορούμε να δώσουμε προσανατολισμό του αντικειμένου, να μετρήσουμε τις διαστάσεις του καθώς και να το μορφοποιήσουμε – διαχωρίσουμε σε πολλές και μικρές επιφάνειες προκειμένου να μπορούμε να το εξάγουμε σε αρχεία για επεξεργασία από προγράμματα CAD.

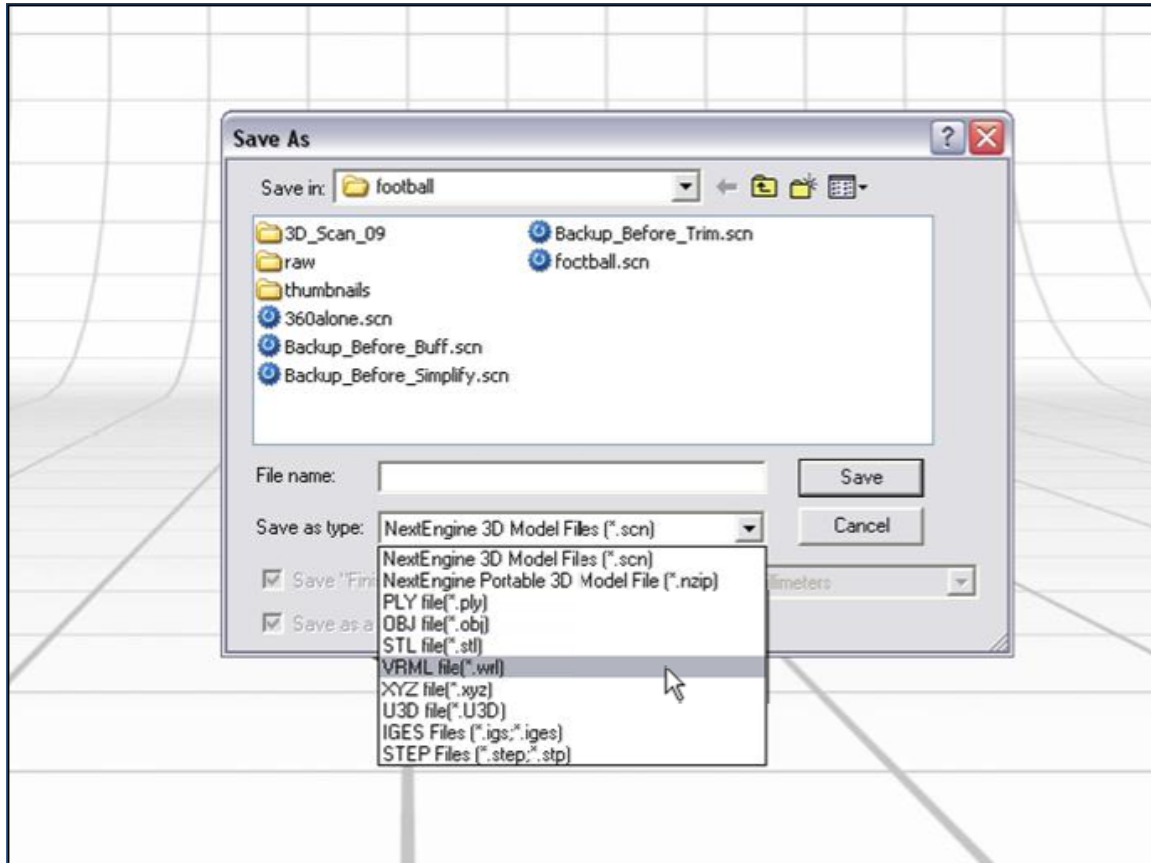


Εικόνα 31: Η επιλογή orientation (προσανατολισμός).



Εικόνα 32: Η επιλογή surfaces με την οποία χωρίσαμε το αντικείμενο σε 2000 επιφάνειες.

Τέλος μπορούμε να αποθηκεύσουμε το τελικό μας μοντέλο σε μία από τις διάφορες μορφές που μας δίνεται η δυνατότητα.



Εικόνα 30: Οι διάφορες μορφές που μπορούμε να αποθηκεύσουμε το μοντέλο μας.

3.2 Το μεταλλικό γλυπτό

Το συγκεκριμένο αντικείμενο είναι ένα μεταλλικό γλυπτό μικρού μεγέθους χάλκινου χρώματος και υφής. Η διαδικασία σάρωσης που ακολουθήσαμε για την ψηφιοποίηση του αντικειμένου αυτού διαφοροποιείται σε μερικές φάσεις, από τη σάρωση της μπάλας.

Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη παρατήρηση που χρειάζεται να κάνουμε είναι το ότι το αντικείμενο αυτό είναι στιλπνό. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δυσκολία σάρωσής του διότι αρκετά σημεία της επιφάνειας του αντανακλούν άναρχα, σε διάφορες (σχετικά απρόβλεπτες – ή τουλάχιστον για το αντικείμενο τις εργασίας απρόβλεπτες) κατευθύνσεις, τις δέσμες φωτός των laser που χρησιμοποιεί ο σαρωτής που έχουμε στη διάθεσή μας. Συνεπώς, εάν δεν επεξεργαστούμε το αντικείμενο πριν τη σάρωση, θα υπάρχουν επιφάνειες που είτε δεν θα φαίνονται, είτε θα χαθούν οι φυσικές διαστάσεις του αντικειμένου που αποτελούν την επιφάνειά του και δίνουν συνοχή σε αυτήν.

Το NextEngine 3d Scanner παρέχει ειδικούς μαρκαδόρους για ελαφρύ βάψιμο στιλπνών αντικειμένων, καθώς και ειδική πούδρα για επάλειψη των επιφανειών που θα δημιουργήσουν πρόβλημα στη διάρκεια της ψηφιοποίησης και της επεξεργασίας της σάρωσής του.



Εικόνα 31: Η ειδική πούδρα που παρέχεται μαζί με το NextEngine 3d Scanner

Στη σάρωση αυτού του αντικειμένου λοιπόν, χρησιμοποιήσαμε την ειδική πούδρα που παρέχεται με το σαρωτή, για την επάλειψη του γλυπτού.

Το επόμενο στάδιο που ακολουθήσαμε η τοποθέτηση του αντικειμένου στη βάση που παρέχεται με το σαρωτή, καθώς και τις απαραίτητες αρχικές ρυθμίσεις που χρειάζεται να πραγματοποιήσουμε προκειμένου να ξεκινήσουμε τη σάρωση. Συνοψίζοντας οι ρυθμίσεις αυτές έχουν ως εξής:

- Η πρώτη οικογένεια σαρώσεων που θα πραγματοποιήσουμε είναι 360° μοιρών.
- Το αντικείμενο γυρίζοντας γύρω από τον άξονά του θα σαρωθεί 7 διαφορετικές φορές, δηλαδή από 7 διαφορετικές γωνίες.
- Λόγω των διαστάσεων του αντικειμένου επιλέγουμε την ρύθμιση Macro Mode.
- Η ταχύτητα της σάρωσης είναι κανονική (standard speed), διότι εφόσον το αντικείμενο μας είναι εξωτερικά επικαλυμμένο με πούδρα, στην ουσία έχει μετατραπεί σε ένα αντικείμενο μεσαίου μεγέθους και μεγάλης πολυπλοκότητας.
- Η επιφάνεια του γλυπτού είναι κατά 90% στιλπνή και το φινίρισμα του αντικειμένου είναι γυαλιστερό. Αυτή η ρύθμιση είναι πολύ σημαντική, παρόλο που έχουμε χρησιμοποιήσει την πούδρα για την επικάλυψη των στιλπνών επιφανειών.
- Ρυθμίζουμε την επιλογή “Simplification” στο 2x, καθώς και την επιλογή “Smoothing” στο 4, λόγω της υφής του αντικειμένου το οποίο είναι σχετικά λείο.
- Τέλος, πατάμε την επιλογή “Autoalign” αφού δεν θα μετακινήσουμε το αντικείμενο μας από τη βάση κατά τη διάρκεια των σαρώσεων.

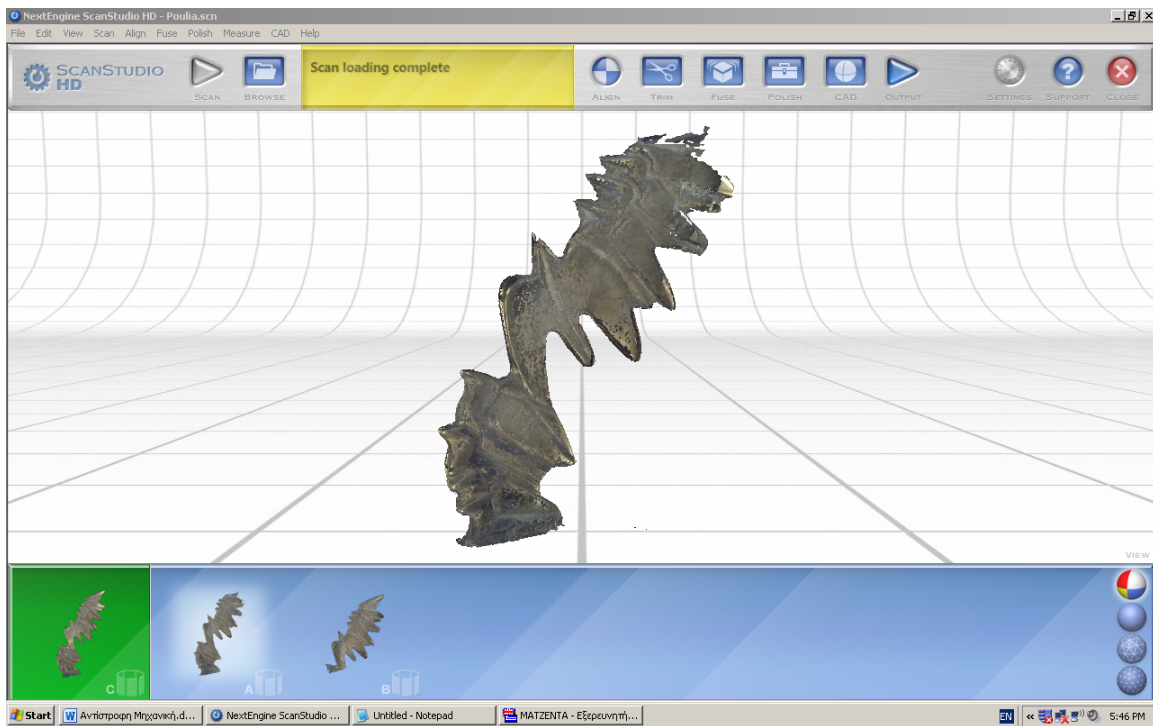
Αφού πραγματοποιήσαμε τις ρυθμίσεις αυτές, πατάμε το κουμπί “Scan” και ξεκινάει η σάρωση του αντικειμένου.

3.2.1 Επεξεργασία του μοντέλου

Μετά το τέλος των σαρώσεων, το επόμενο βήμα που πρέπει να πραγματοποιήσουμε, όπως έχουμε περιγράψει και στο προηγούμενο κεφάλαιο, είναι η ευθυγράμμιση των σαρώσεων που έχουμε. Λόγω του γεωμετρικού σχήματος του αντικειμένου ενεργοποιήσαμε στις αρχικές ρυθμίσεις την αυτόματη ευθυγράμμισή του (autoalign), επομένως το αντικείμενο που έχουμε αυτή τη στιγμή στη διάθεσή μας είναι σωστά ευθυγραμμισμένο με αποτέλεσμα να μη χρειάζεται περαιτέρω επεξεργασία από εμάς.

Το επόμενο βήμα της επεξεργασίας είναι η αφαίρεση όλων των επιφανειών που δεν ανήκουν στο αντικείμενο αυτό. Τις περισσότερες φορές, όπως και στο προηγούμενο παράδειγμα, οι επιφάνειες που χρειάζεται να αφαιρέσουμε ανήκουν στη βάση που στηρίζουμε το αντικείμενο. Επιλέγουμε λοιπόν την επεξεργασία “trim” και μαρκάρουμε όλες τις επιφάνειες που επιθυμούμε να αφαιρέσουμε. Στη συνέχεια πατάμε το κουμπί “Trim” και σβήνονται από το μοντέλο μας οι ανεπιθύμητες αυτές επιφάνειες.

Η κατάσταση που βρίσκεται σε αυτή τη φάση το ψηφιοποιημένο μας μοντέλο φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 32: Το αντικείμενο μετά το τέλος των πρώτων σαρώσεων.

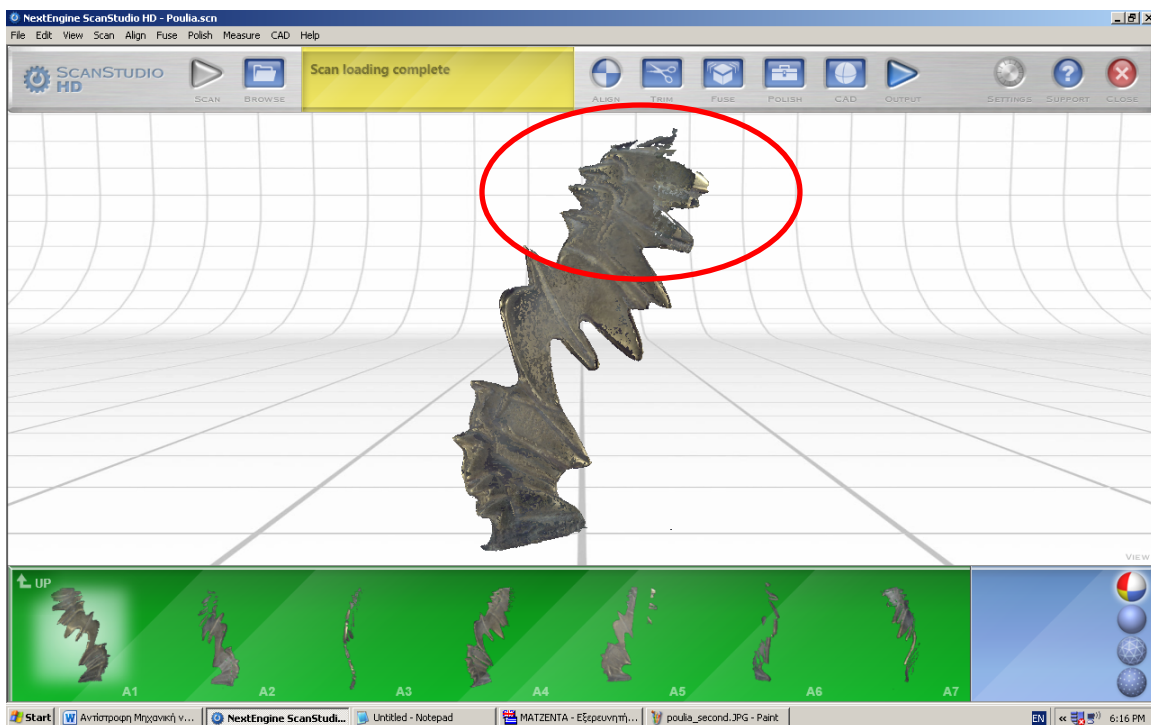
Εάν παρατηρήσουμε το αντικείμενο μας, είναι φανερό ότι στις άνω επιφάνειές του, τα σημεία που έχουμε δεν επαρκούν, η σάρωσή μας είναι ελλιπής. Επομένως χρειάζεται να προχωρήσουμε στη δεύτερη οικογένεια σαρώσεων η οποία θα περιέχει τα σημεία εκείνα όπου δεν εμφανίζονται στην πρώτη.

3.2.2 Δεύτερη οικογένεια σαρώσεων

Αυτό το βήμα περιέχει την επανατοποθέτηση του αντικείμενου στη βάση με τέτοιο τρόπο ώστε να σαρώσουμε τις επιθυμητές επιφάνειες. Στη συγκεκριμένη όμως περίπτωση θα πραγματοποιήσουμε τη δεύτερη οικογένεια σαρώσεων χωρίς να επανατοποθετήσουμε το αντικείμενο.

Το ScanStudio HD μας δίνει τη δυνατότητα να επιλέξουμε την περιοχή στην οποία επιθυμούμε να εστιάσουν οι κάμερες του σαρωτή. Επομένως αυτό που θα κάνουμε είναι απλώς να επιλέξουμε την επιφάνεια που επιθυμούμε στο

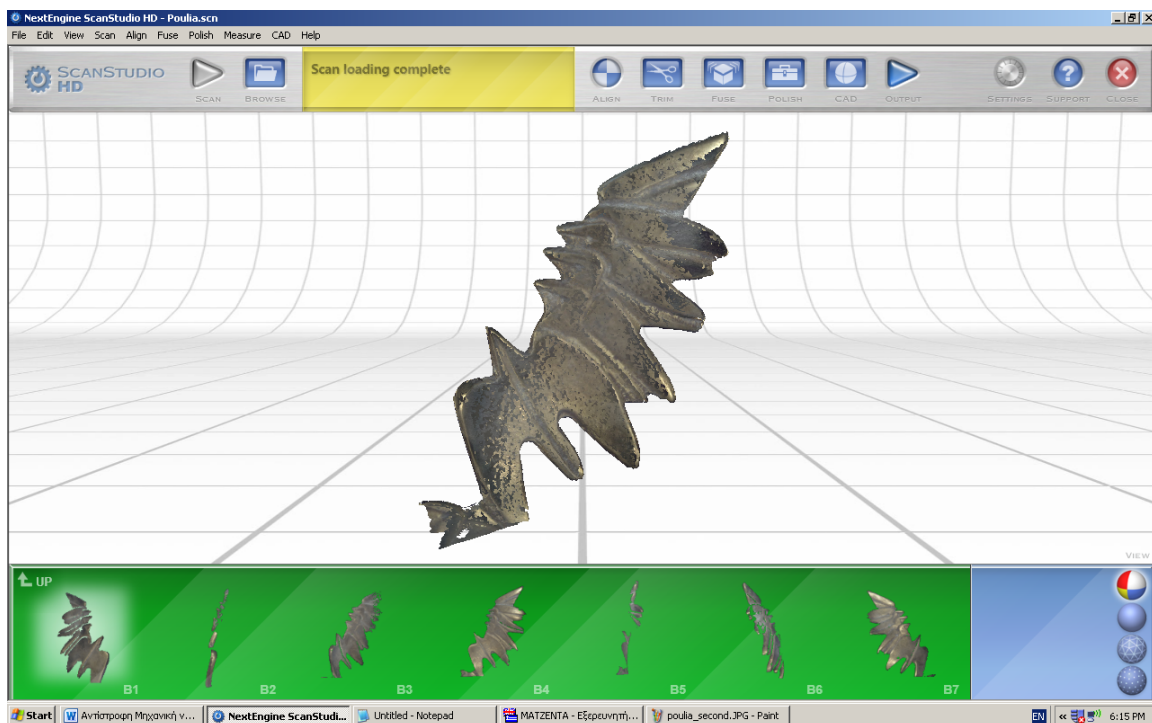
παράθυρο “Preview” που βρίσκεται στο δεξί μέρος της οθόνης. Στη συνέχεια επιλέγουμε να πραγματοποιήσουμε ακόμα μία 360° σάρωση και αφήνουμε τις υπόλοιπες ρυθμίσεις ως έχουν, αφού αφορούν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά καθώς τον τύπο της επιφάνειας του αντικειμένου, τα οποία δεν έχουν αλλάξει. Πατάμε το κουμπί “Scan” και ξεκινάει η δεύτερη οικογένεια σαρώσεων.



Εικόνα 33: Το μέρος της επιφάνειας που θέλουμε να σαρώσουμε.

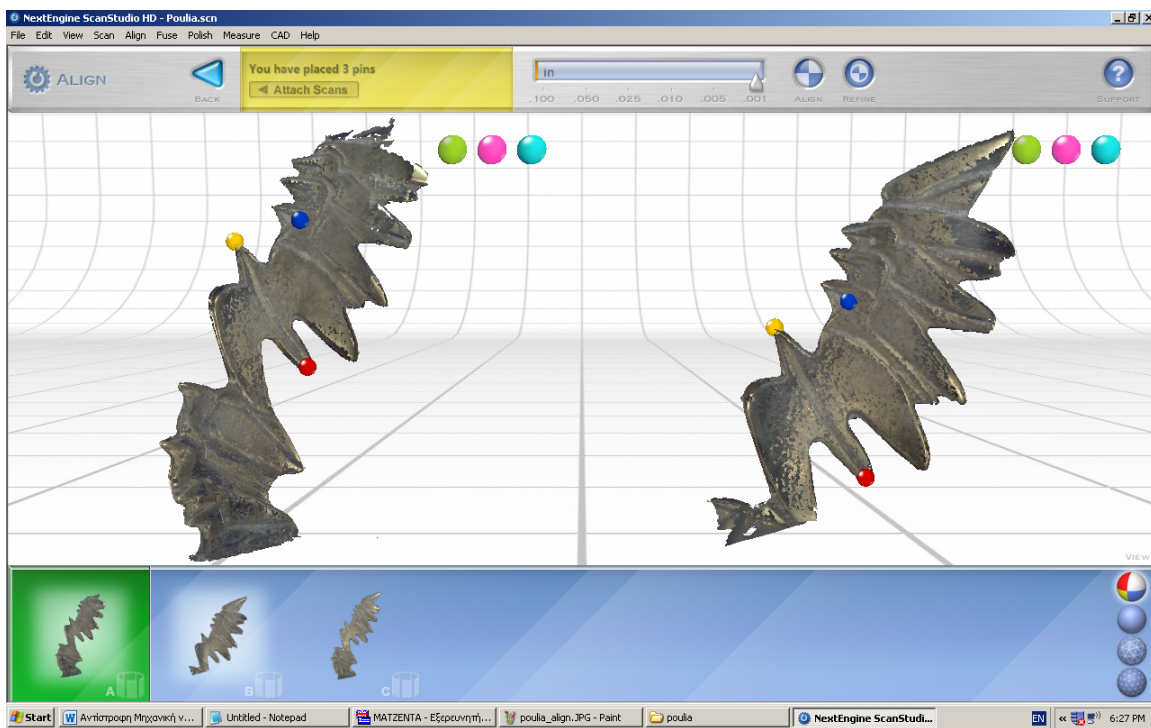
Μετά το πέρας της σάρωσης, χρειάζεται να αφαιρέσουμε τα τμήματα αυτά τα οποία δεν ανήκουν στις επιφάνειες του αντικειμένου με την επιλογή “Trim”. Αφού πραγματοποιήσουμε αυτό το βήμα, χρειάζεται να ενώσουμε τις δύο αυτές οικογένειες σαρώσεων μεταξύ τους, ώστε να εισέλθουμε στο στάδιο της τελικής επεξεργασίας του αντικειμένου.

Το αποτέλεσμα της δεύτερης οικογένειας σαρώσεων φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:

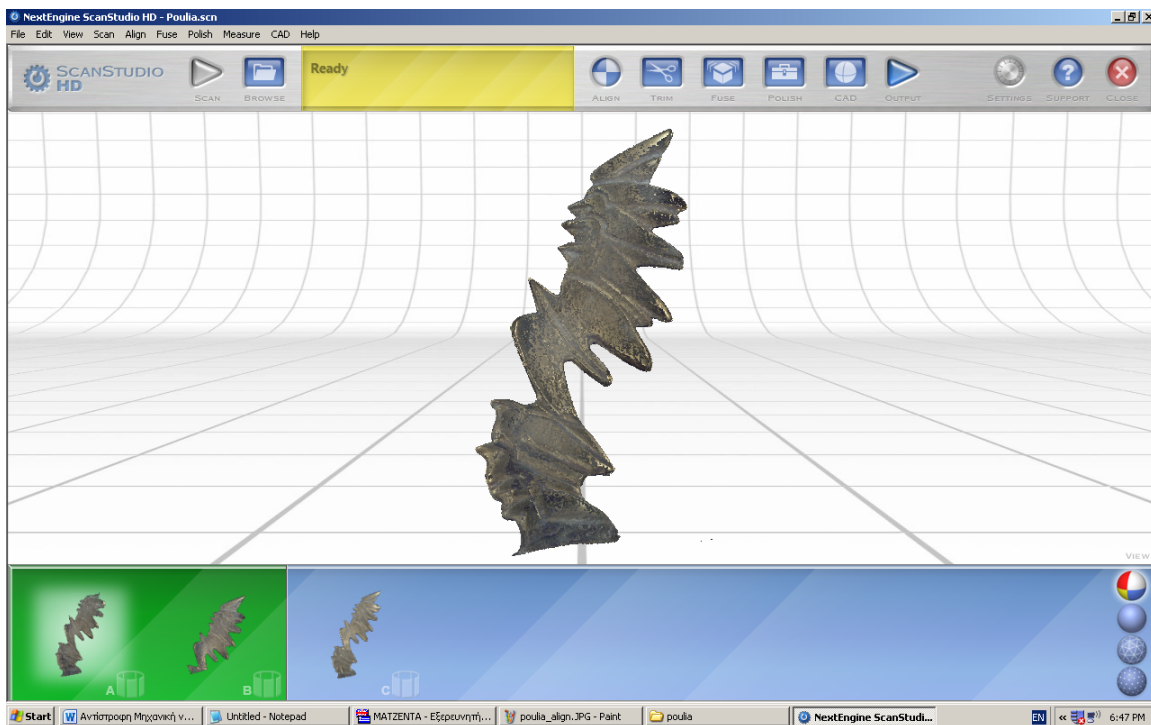


Εικόνα 34: Η δεύτερη οικογένεια σαρώσεων μετά την επεξεργασία Trim.

Όπως αναφέραμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, το στάδιο αυτό περιλαμβάνει την ένωση όλων των οικογενειών σαρώσεων που έχουμε πραγματοποιήσει. Πατάμε το κουμπί Align και μεταφέρουμε μία από τις δύο οικογένειες σαρώσεων (A ή B) στην πράσινη περιοχή. Τώρα μας δίνεται η δυνατότητα να επιλέξουμε τα σημεία με βάση τα οποία θέλουμε να ευθυγραμμίσουμε τις σαρώσεις μας. Τοποθετούμε τρία pins σε τρία διαφορετικά σημεία που επιλέξαμε. Το σημείο αυτό χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή καθώς χρειάζεται να επιλέξουμε σημεία που περιέχονται και στις δύο οικογένειες σαρώσεων, τα οποία είναι εμφανή και μπορούμε να τα ξεχωρίζουμε εύκολα έτσι ώστε να έχουμε τη λιγότερη δυνατή απόκλιση από την απόλυτη ταύτιση των σημείων αυτών μεταξύ τους. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται τα χαρακτηριστικά αυτά σημεία που επιλέξαμε καθώς και το μοντέλο μας, μετά την ένωση των σαρώσεων που πραγματοποιήσαμε:



Εικόνα 35: Ευθυγράμμιση των σαρώσεων

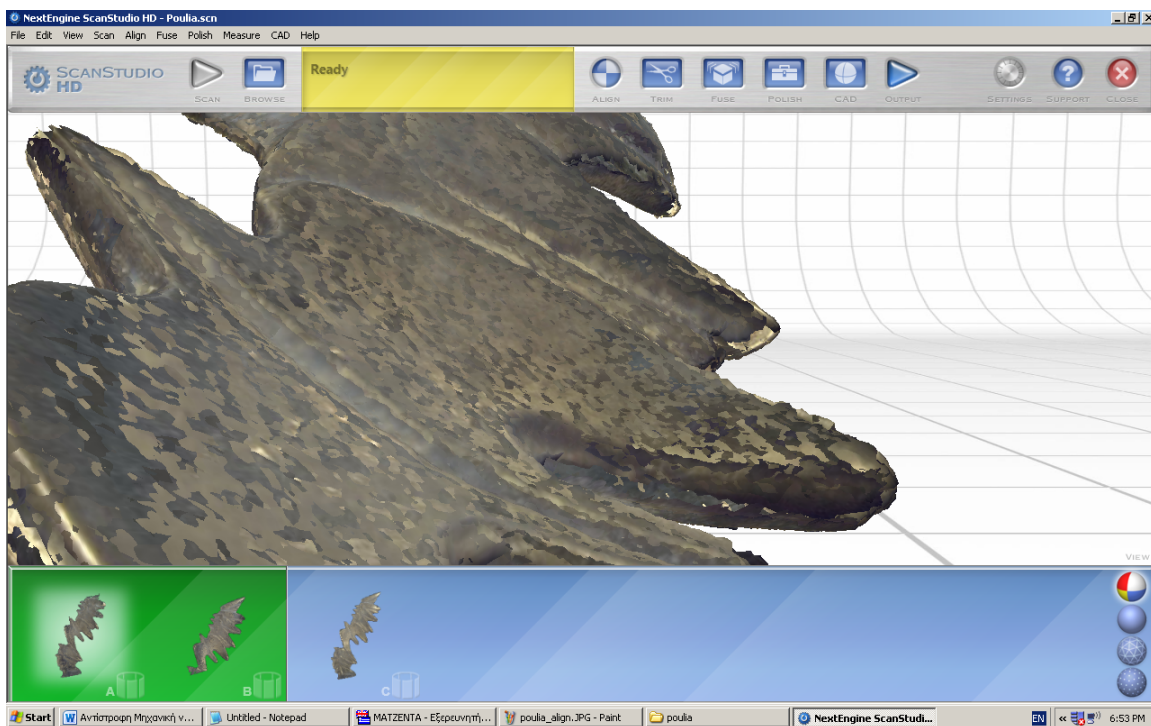


Εικόνα 36: Το αντικείμενο μας μετά την ευθυγράμμιση.

3.2.3 Τελική επεξεργασία

Αφού λοιπόν πραγματοποιήσαμε την ευθυγράμμιση των σαρώσεων και αφαιρέσαμε όλες τις ανεπιθύμητες επιφάνειες με το εργαλείο Trim, μπορούμε να προχωρήσουμε στο τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας του αντικείμενου.

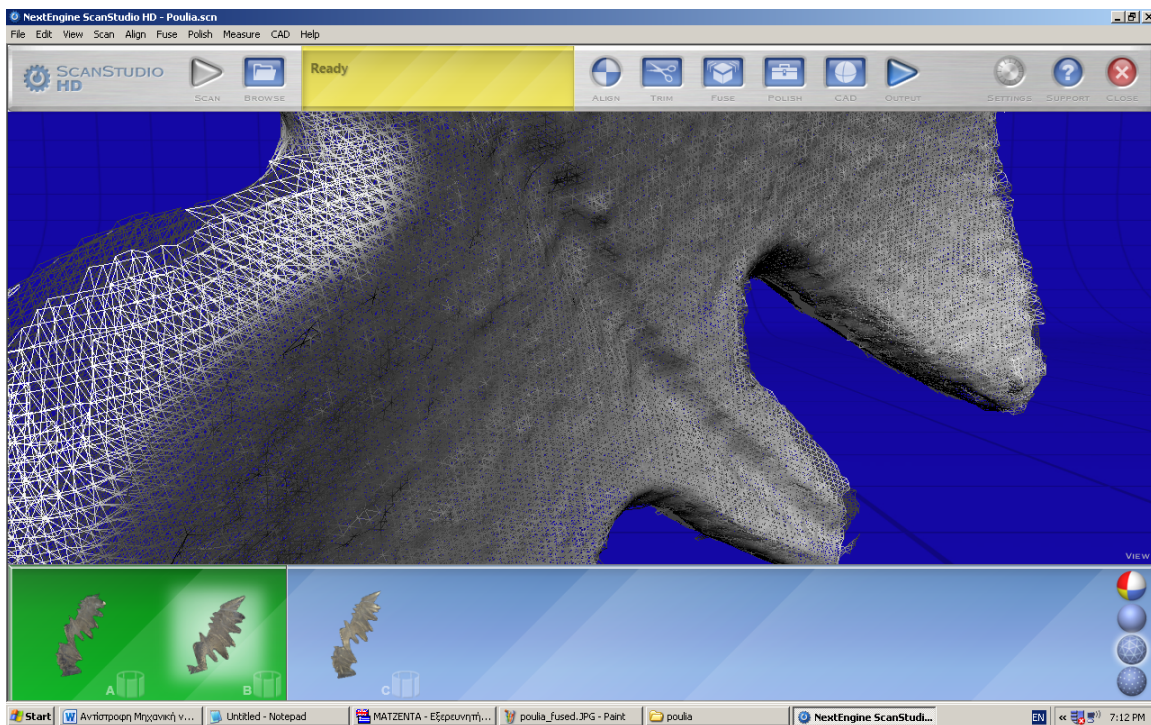
Κάνοντας zoom στο αντικείμενο μπορούμε να παρατηρήσουμε εύκολα τις ατέλειες που αυτό παρουσιάζει, λόγω των πολλαπλών σαρώσεων που πραγματοποιήσαμε.



Εικόνα 37: Το αντικείμενο πριν την επεξεργασία Fuse και Polish.

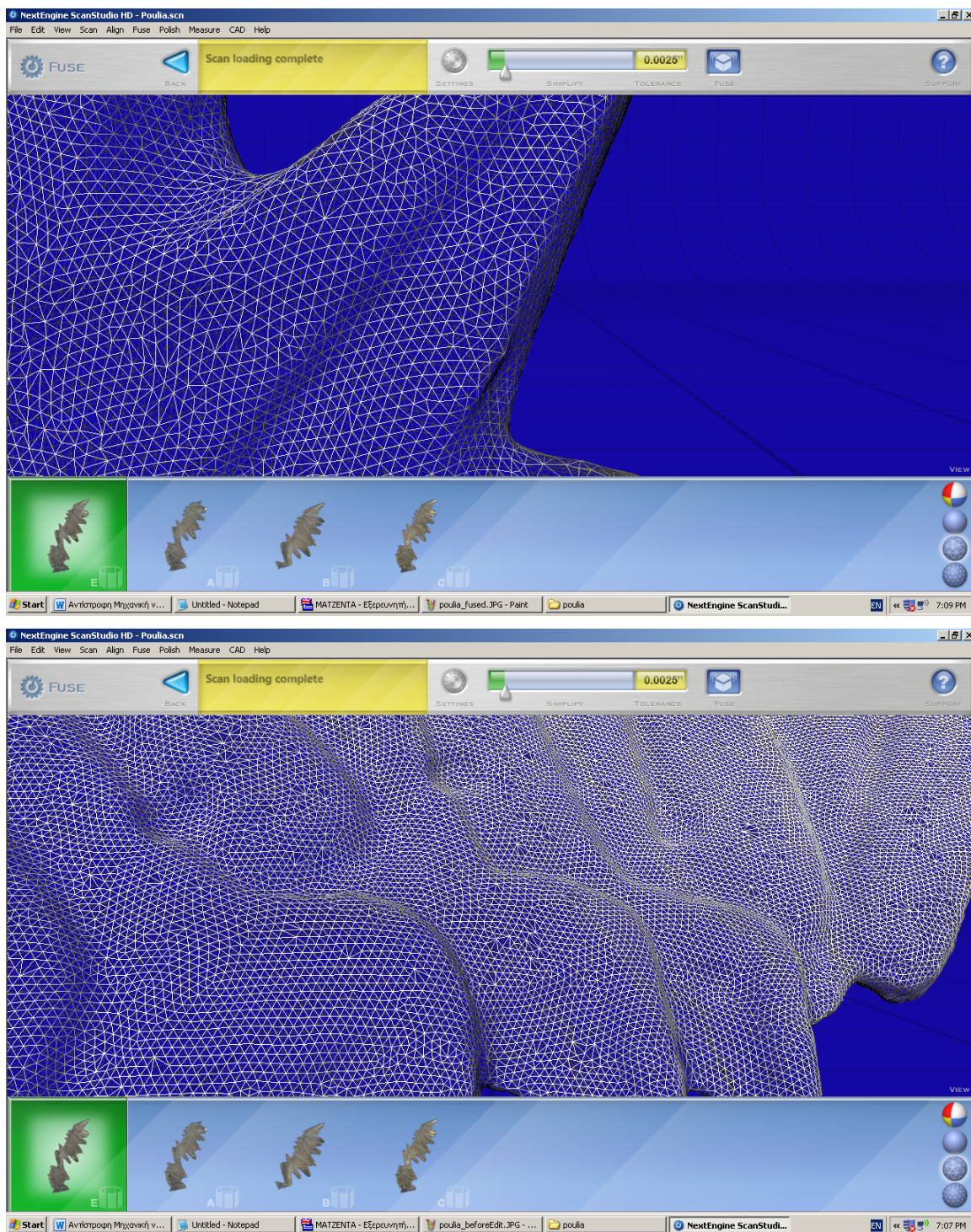
Όπως και στο προηγούμενο αντικείμενο που ψηφιοποιήσαμε, η επεξεργασία που χρειάζεται να πραγματοποιηθεί σε αυτή τη φάση περιέχει την αφαίρεση όλων των επιφανειών που επικαλύπτουν κάποια άλλη (Fuse). Δηλαδή απλοποιούμε το μοντέλο μας σε ένα μόνο σύνολο πλέγματος με αποτέλεσμα τη δραστική μείωση των τριγώνων και των σημείων που αποτελούν το αντικείμενο.

Αυτό πραγματοποιείται και σε συνδυασμό με το γέμισμα όλων των τμημάτων των επιφανειών που φαίνεται ότι δεν περιέχουν υλικό, ενώ στην πραγματικότητα έχουν.



Εικόνα 38: Το αντικείμενο σε μορφή πλέγματος πριν από την επεξεργασία Fuse

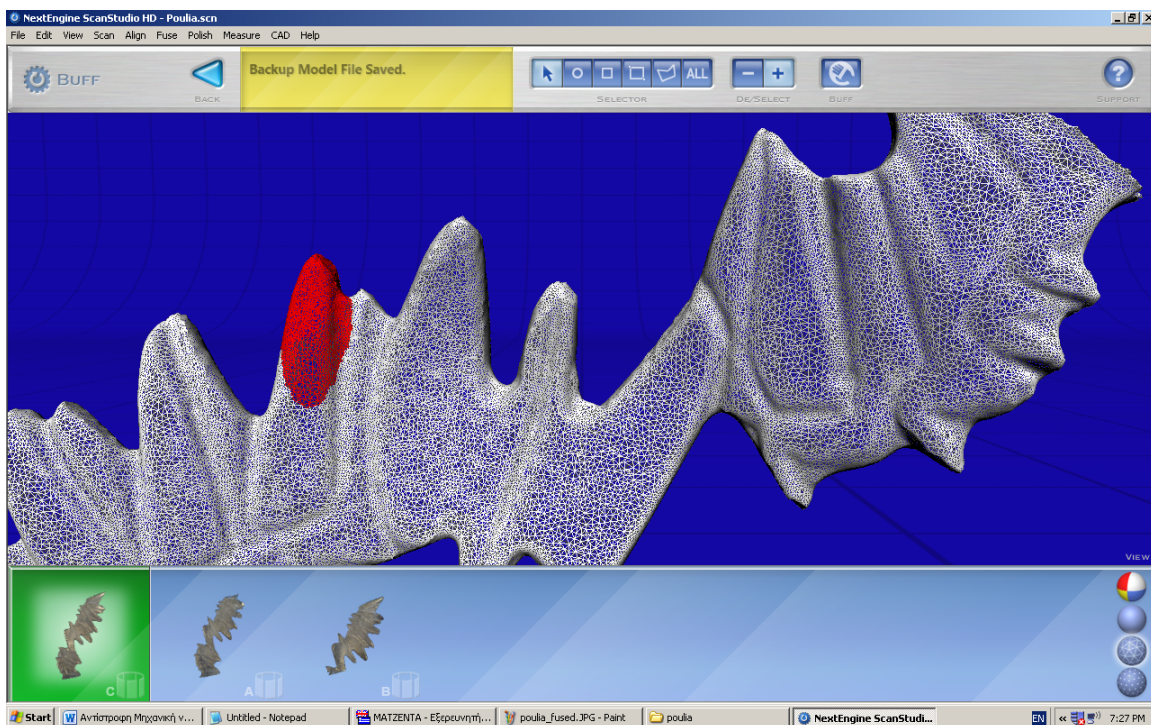
Πατάμε το κουμπί fuse και ερχόμαστε στο μενού επιλογών του εργαλείου αυτού. Αφού επιλέξουμε το επιθυμητό μέγεθος της ανοχής της απλοποίησης του αντικειμένου μας, πατάμε το κουμπί Settings και επιλέγουμε το Fill all holes. Πατάμε το κουμπί Fuse Item και έπειτα από κάποια δευτερόλεπτα πραγματοποιούνται οι επιλογές μας και έχουμε στη διάθεσή μας ένα αντικείμενο με πολύ μεγαλύτερη συνοχή, μικρότερο αριθμό τριγώνων, σημείων και επιφανειών, και ταυτόχρονα πολύ πιο κοντά στην υφή και σύσταση του πραγματικού αντικειμένου.



Εικόνα 39: Το αντικείμενό μας σε μορφή πλέγματος μετά την επεξεργασία Fuse

Το επόμενο και τελικό στάδιο της επεξεργασίας μας είναι το εργαλείο Polish. Το εργαλείο αυτό στην ουσία συγκεντρώνει όλες τις επιλογές που υπάρχουν στο εργαλείο Fuse, με βασική όμως διαφορά το ότι επιλέγουμε την επεξεργασία και μαρκάρουμε τις επιφάνειες του αντικειμένου που θέλουμε να εφαρμοστεί η επεξεργασία αυτή.

Στο συγκεκριμένο αντικείμενο δεν υπάρχουν επιφάνειες που χρειάζονται κάποιο γέμισμα, οπότε επιλέγουμε κατευθείαν το εργαλείο Buff. Με το “Selector” γυρίζουμε το αντικείμενο στη γωνία που επιθυμούμε και στη συνέχεια επιλέγουμε τις περιοχές που θέλουμε να εφαρμόσουμε την επεξεργασία αυτή.

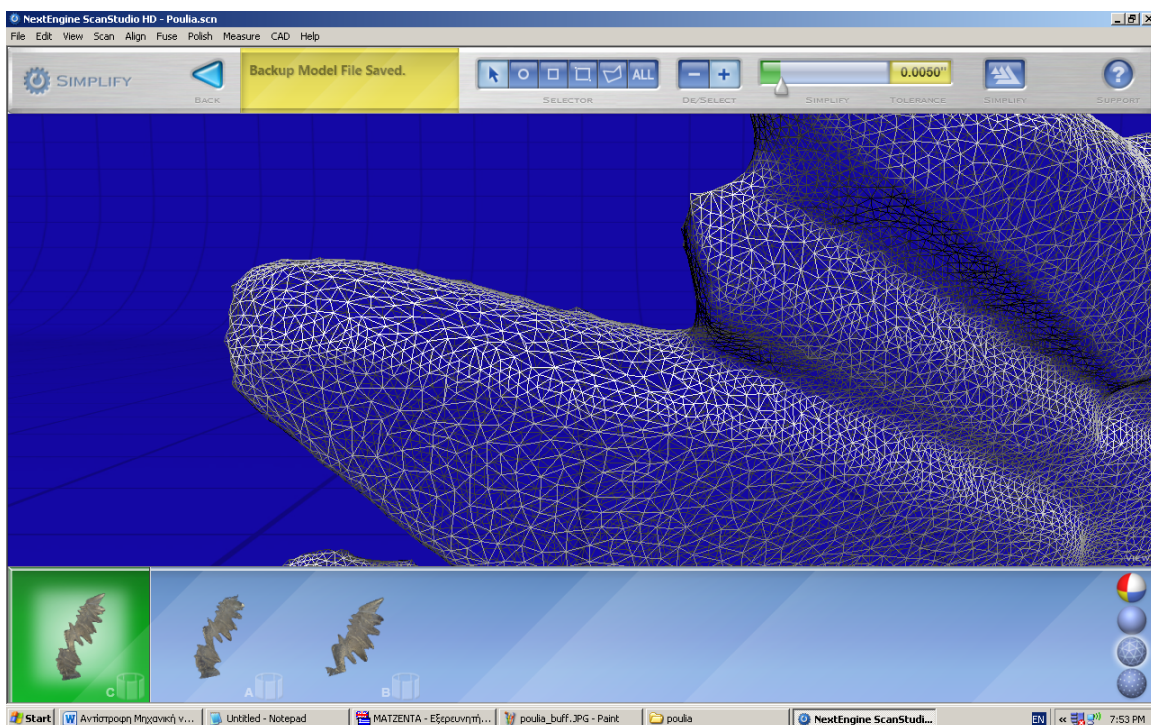


Εικόνα 40: Επιλογή περιοχής για την επεξεργασία Buff.

Πατάμε το κουμπί Buff και ρυθμίζουμε το δείκτη στο 0.75 και επιλέγουμε το Smooth Boundaries. Επιλέγουμε να εφαρμοστεί ο συγκεκριμένος αλγόριθμος

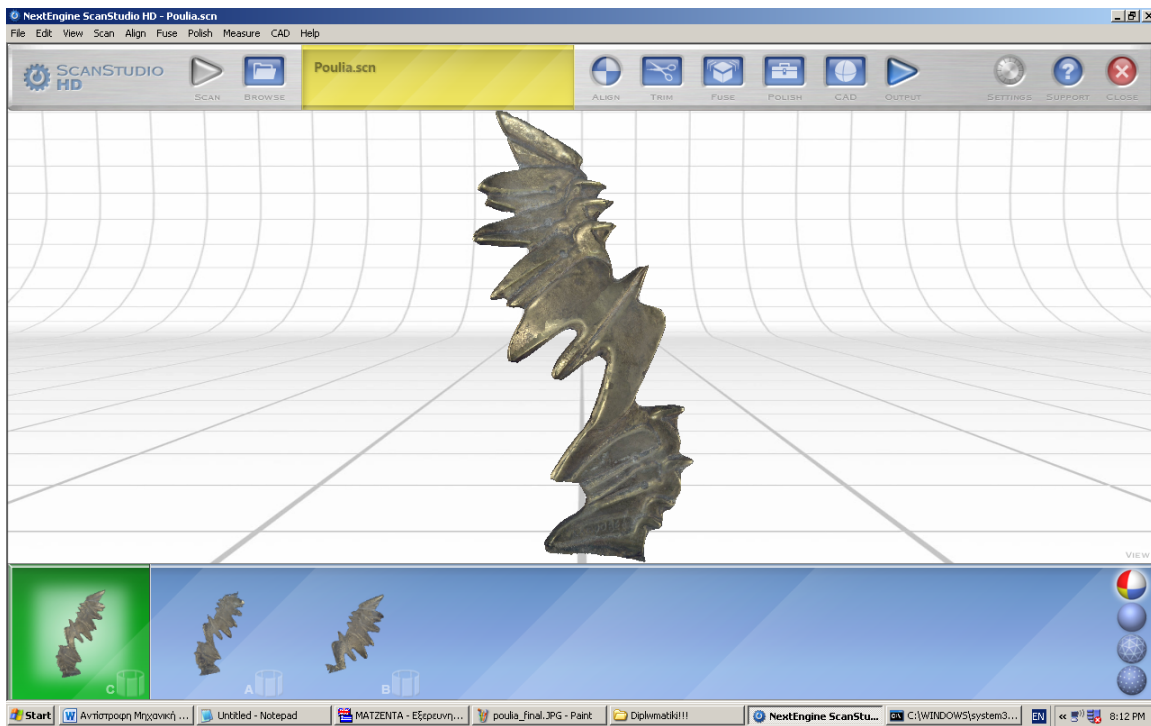
δέκα φορές και στη συνέχεια πατάμε το κουμπί Buff για να πραγματοποιηθούν οι επιλογές που θέσαμε.

Πατώντας το κουμπί Simplify ερχόμαστε στο μενού επιλογών για τις περιοχές που θέλουμε να απλοποιήσουμε (να μειώσουμε τον αριθμό των τριγώνων, των σημείων και των επιφανειών που αποτελούν το αντικείμενο). Οι επιλογές του εργαλείου Simplify φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:



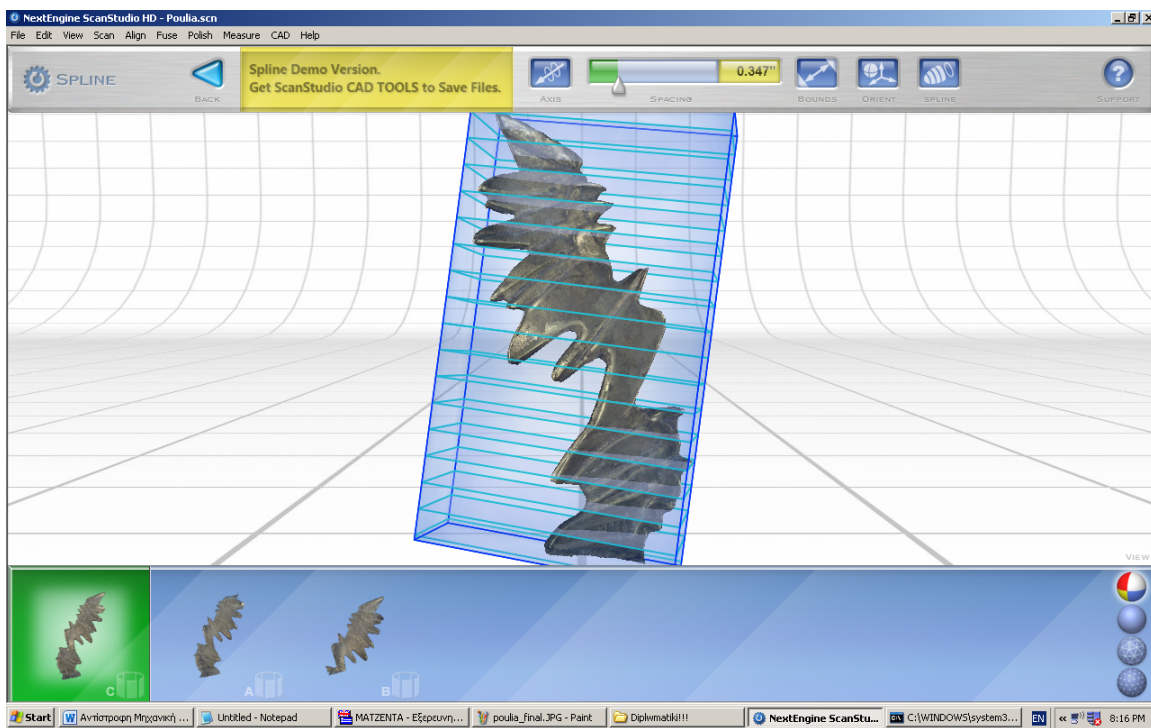
Εικόνα 41: Το εργαλείο Simplify.

Μετά το τέλος και αυτής της επεξεργασίας, μπορούμε να πούμε ότι πλέον έχουμε στη διάθεσή μας ένα μοντέλο πανομοιότυπο του πραγματικού, σε ψηφιακή μορφή. Το μοντέλο αυτό μπορούμε να το επεξεργαστούμε περαιτέρω (να το διαστασιολογήσουμε, να δημιουργήσουμε καμπύλες Splines που το περιγράφουν κ.α.), για να μπορέσουμε εάν επιθυμούμε να το εξάγουμε σε μορφή CAD.

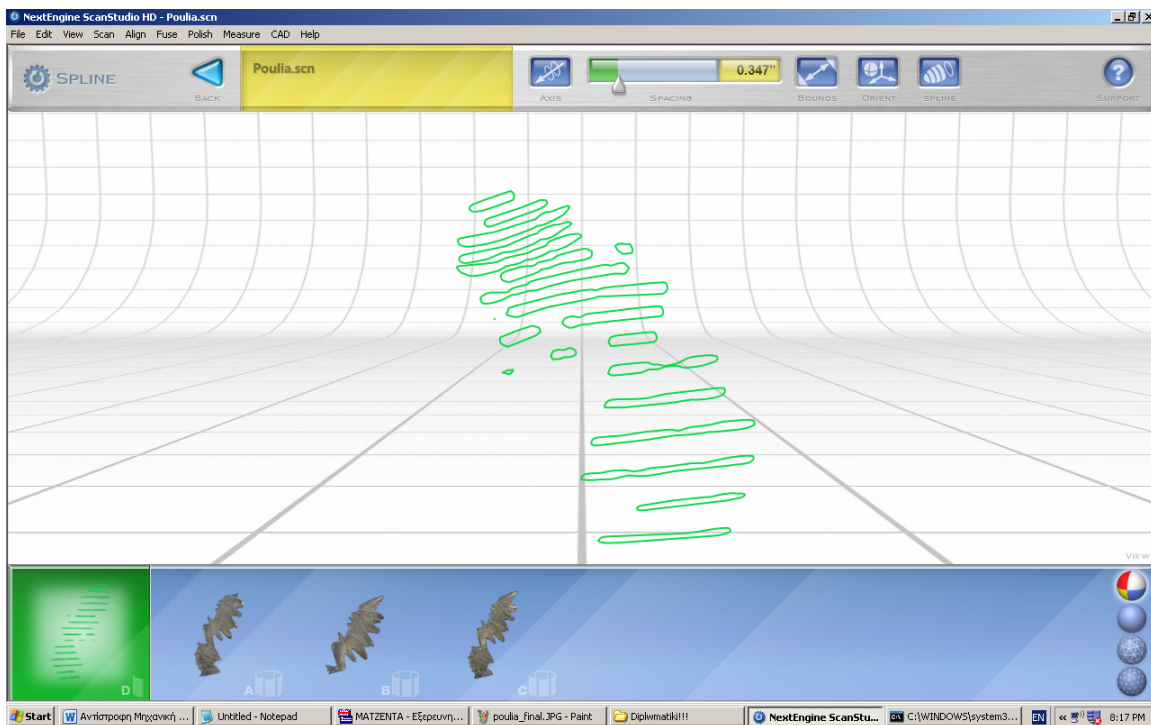


Εικόνα 42: Η τελική μορφή του αντικειμένου.

Πατώντας το κουμπί CAD μας εμφανίζεται το μενού επιλογών για αυτή τη λειτουργία. Επιλέγουμε το “Spline” και ερχόμαστε στις ρυθμίσεις που αφορούν την απόσταση των καμπύλων και την οριοθέτησή του εύρους τους κατά μήκος του άξονα που επιθυμούμε. Αφού καθορίσουμε τα παραπάνω στοιχεία, πατάμε το κουμπί Spline και έχουμε στη διάθεσή μας τις καμπύλες Spline που εκφράζουν το αντικείμενο αυτό.



Εικόνα 43: Το μενού επιλογών Spline.



Εικόνα 44: Οι καμπύλες Spline.

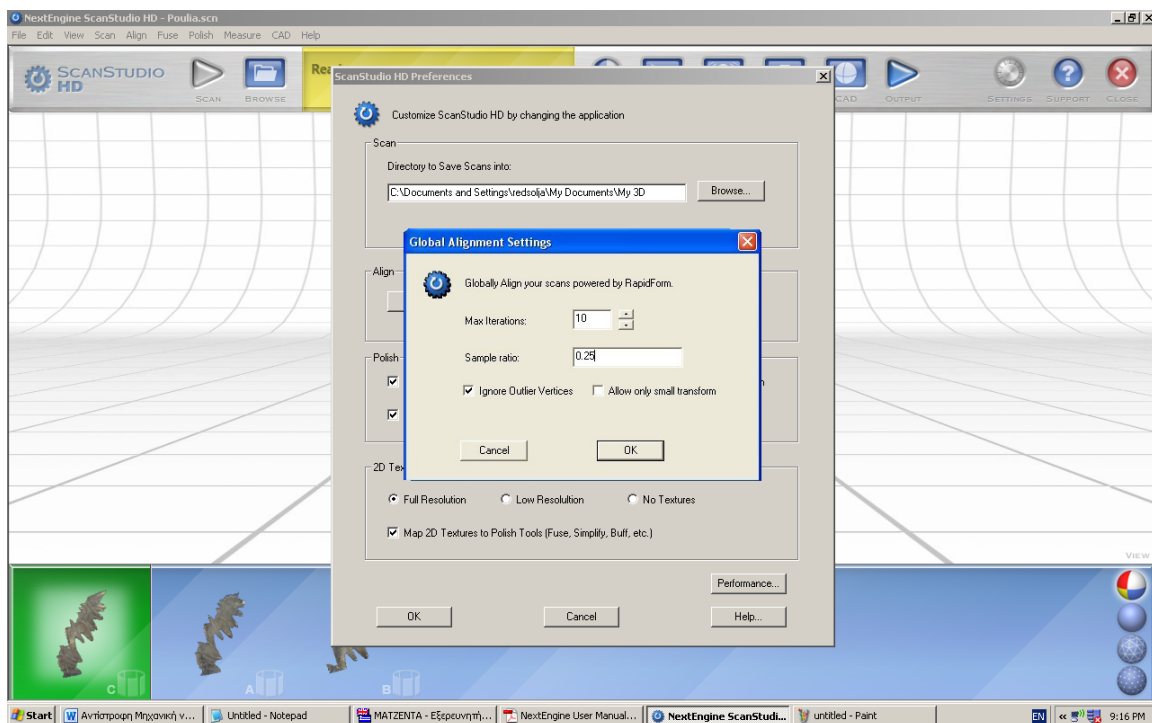
3.3 Προχωρημένες λειτουργίες του ScanStudio HD

Το λογισμικό ScanStudio HD περιέχει μερικές προχωρημένες λειτουργίες οι οποίες χρειάζεται να αναφερθούν καθώς διασφαλίζουν ακόμα περισσότερο την προσέγγιση του ψηφιακού μοντέλου στο φυσικό.

3.3.1 Προχωρημένες λειτουργίες της ευθυγράμμισης (Align)

Πλοηγούμαστε στο μενού Edit -> Preferences -> Align Settings. Εδώ μπορούμε να ρυθμίσουμε:

- Το μέγιστο αριθμό επαναλήψεων της κάθε ευθυγράμμισης.
- Τον λόγο δειγμάτων: Εάν έχουμε να κάνουμε με μεγάλα αντικείμενα – μοντέλα που αποτελούνται από πολλά εκατομμύρια τρίγωνα και σημεία – μπορούμε να τα δειγματοποιούμε. Με αυτό τον τρόπο πετυχαίνουμε πολύ μεγάλη μείωση του χρόνου για κάθε ευθυγράμμιση, χωρίς να θυσιάζουμε το αποτέλεσμα.
- Εάν επιλέξουμε την επιλογή “Ignore Outlier Vertices”, δεδομένα τα οποία απέχουν αρκετά από τη μέση τιμή (επιφάνεια κοντά στο κέντρο βάρους του αντικειμένου) δεν υπολογίζονται.
- Εάν επιλέξουμε την επιλογή “Allow only small transform”, συμπεριλαμβάνεται όλη η επιφάνεια που επικαλύπτεται και θεωρείται ότι η αρχική ευθυγράμμιση έχει γίνει σωστά. Επιλέγουμε τη συγκεκριμένη ρύθμιση όταν υπάρχουν λίγα γεωμετρικά στοιχεία (μικρό εμβαδό επιφάνειας) στην επιφάνεια που επικαλύπτεται.



Εικόνα 45: Ρυθμίσεις που αφορούν την ευθυγράμμιση

Γενικότερα όταν έχουμε σκοπό να ευθυγραμμίσουμε πολλαπλές οικογένειες σαρώσεων, συνήθως είναι χρήσιμο να «κλειδώνουμε» τις οικογένειες αυτές έτσι ώστε κάθε ευθυγράμμιση από εκείνο το σημείο και έπειτα, δε θα διαταράσσει τις οικογένειες σαρώσεων που είναι ήδη ευθυγραμμισμένες.

Όταν ολοκληρωθεί η ευθυγράμμιση κάποιας οικογένειας σαρώσεων (δηλαδή δεν είναι αυτόματα ευθυγραμμισμένη) πλοηγούμαστε στο μενού Align -> Settings. Επιλέγουμε το “Fixed (will not be moved by alignment)” για όλες τις σαρώσεις (A1, A2, ..., An). Αυτή η επιλογή κλειδώνει τις σαρώσεις που ανήκουν στην ίδια οικογένεια και δεν θα αλλάξει εάν πραγματοποιηθεί άλλη ευθυγράμμιση. Εάν επιλέξουμε το “Fixed” για την οικογένεια A, τότε αυτό θα κλειδώσει όλη την οικογένεια σαρώσεων, καθώς και κάθε ξεχωριστή σάρωση.



Εικόνα 46: Κλείδωμα οικογένειας σαρώσεων.

Για ευθυγράμμιση πολλαπλών οικογενειών σαρώσεων, πλοηγούμαστε στο Align -> Settings και επιλέγουμε το “Fixed (will not be moved by alignment)” για τις οικογένειες σαρώσεων οι οποίες έχουν ευθυγραμμιστεί και επιθυμούμε να κλειδώσουμε. Για παράδειγμα, εάν έχουμε τρεις διαφορετικές οικογένειες σαρώσεων (όπως στην περίπτωση της μπάλας), ενώνουμε την οικογένεια A με την οικογένεια B και στη συνέχεια πλοηγούμαστε στο μενού Align -> Settings και επιλέγουμε το “Fixed” για την οικογένεια A και B. Στη συνέχεια ενώνουμε την οικογένεια C με τις A και B. Τέλος, αφού ενωθεί και η τελευταία, επιλέγουμε το “Fixed” για την οικογένεια C.

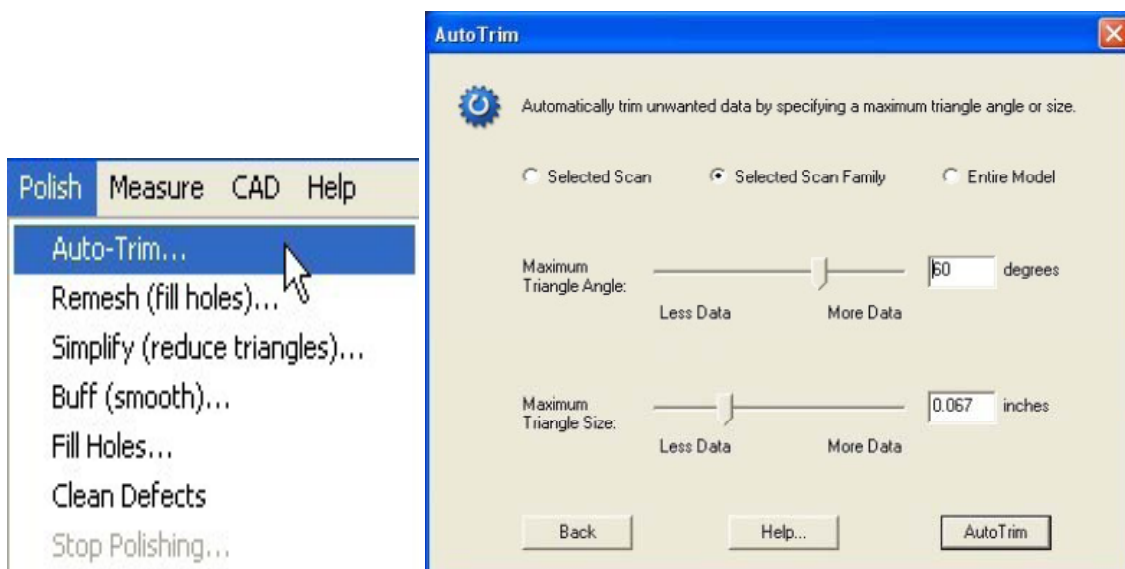
3.3.2 Προχωρημένες λειτουργίες του εργαλείου Trim

Όπως αναφέραμε στα προηγούμενα κεφάλαια, μπορούμε να σβήνουμε επιφάνειες από ξεχωριστές σαρώσεις με τη λειτουργία Trim. Την επεξεργασία

αυτή την εφαρμόσαμε μετά την ευθυγράμμιση των αντικειμένων που σαρώσαμε και οι επιφάνειες τις οποίες διαγράψαμε αποτελούσαν επιφάνειες της βάσης του σαρωτή που στηρίζαμε το αντικείμενό μας. Μπορούμε επίσης, σε μερικές περιπτώσεις να διαγράψουμε επιφάνειες που επικαλύπτουν κάποια άλλη για να βελτιώσουμε τις λειτουργίες Fuse και Merge.

Το ScanStudio HD έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει αυτοματοποιημένα την παραπάνω διαδικασία (Auto-Trim). Το Auto-Trim αυτόματα ανιχνεύει και διαγράφει δεδομένα (επιφάνειες) που έχουν σαρωθεί και έχουν απότομη γωνία σε σχέση οπτική επαφή που έχει ο σαρωτής με τις επιφάνειες αυτές. Αυτό είναι αρκετά χρήσιμο σε περιπτώσεις όπου χρειάζεται να αφαιρεθούν επιφάνειες οι οποίες επηρεάζουν αρνητικά την ευθυγράμμιση, συνήθως σε αντικείμενα μεγάλης πολυπλοκότητας και όγκου. Η επιλογή Auto-Trim βρίσκεται στο μενού Polish και εάν επιθυμούμε να την εφαρμόσουμε χρειάζεται να το πραγματοποιήσουμε πριν κάνουμε Align, Fuse, και πριν ενώσουμε οικογένειες σαρώσεων μεταξύ τους.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται οι επιλογές του Auto-Trim. Συγκεκριμένα, ρυθμίζουμε την ελάχιστη και τη μέγιστη γωνία που θα πραγματοποιηθεί η επεξεργασία αυτή καθώς και τις οικογένειες σαρώσεων που αφορά.



Εικόνα 47: Η επιλογή Auto Trim.

4. Συμπεράσματα και διαπιστώσεις

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η προσπάθεια να εξαχθούν υψηλότερου επιπέδου συμπεράσματα, δηλαδή διαπιστώσεις που δε θα αφορούν τεχνικά ζητήματα και τρόπους λειτουργίας ψηφιοποίησης, αλλά διαπιστώσεις που αφορούν την αξιολόγηση της ευκολίας ψηφιοποίησης, τους πιθανούς περιορισμούς. Επίσης θα συμπεριληφθεί κριτική στο λογισμικό καθώς και στη μηχανή ψηφιοποίησης που χρησιμοποιήσαμε.

4.1 Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε

Για την πραγματοποίηση της διαδικασίας της ψηφιοποίησης με το NextEngine 3D Scanner, σαρώσαμε δύο διαφορετικά αντικείμενα με σκοπό να μπορέσουμε να διακρίνουμε τις δυνατότητες αλλά και τα όρια που υπάρχουν με τον εξοπλισμό που διαθέτουμε προκειμένου να ψηφιοποιηθούν τα αντικείμενα αυτά.

Επομένως, σκόπιμα επιλέχθηκαν, για να έχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, το ένα να είναι σχετικά απλής μορφής και επιφάνειας ενώ το δεύτερο να διαθέτει πολυπλοκότερη μορφή, καθώς και η επιφάνειά του να ανακλά σε κάποιο βαθμό το φως.

Χρειάζεται λοιπόν να χωρίσουμε τη διαδικασία της ψηφιοποίησης των αντικειμένων σε διακριτά στάδια, προκειμένου να μπορέσουμε να βγάλουμε αντικειμενικά συμπεράσματα.

Προετοιμασία του αντικειμένου προς σάρωση. Σε αυτή τη φάση, τα καθοριστικά χαρακτηριστικά είναι το μέγεθος, η υφή, καθώς και η πολυπλοκότητα του αντικειμένου. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά καθορίζουν τόσο την προετοιμασία του σαρωτή που χρησιμοποιήσαμε όσο και την προετοιμασία του ίδιου του προς σάρωση αντικειμένου. Όπως έχει αναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια, το μέγεθος του αντικειμένου καθορίζει τον αριθμό των σαρώσεων, την απόσταση του από την κάμερα καθώς και τις συγκεκριμένες απαραίτητες ρυθμίσεις του φακού της (π.χ. macro mode). Η υφή του αντικειμένου και ο βαθμός ανακλαστικότητας του, καθορίζουν την επεξεργασία που θα χρειαστεί να γίνει στο αντικείμενο πριν τη σάρωση, προκειμένου να

πραγματοποιηθεί αποτελεσματικά (π.χ. εφαρμογή της ειδικής πούδρας, προσωρινή βαφή).

Διαδικασία της σάρωσης. Στη φάση αυτή, η πολυπλοκότητα του αντικειμένου είναι ο καθοριστικός παράγοντας στο χρόνο που απαιτείται προκειμένου να ολοκληρωθεί η σάρωση του. Ο χρόνος που απαιτείται από τις δέσμες λέιζερ που χρησιμοποιούνται από τον σαρωτή προκειμένου να αποτυπωθεί με ακρίβεια το σύνολο της επιφάνειας του αντικειμένου ψηφιακά, αυξάνεται όσο περισσότερο πολύπλοκο είναι το αντικείμενο με αποτέλεσμα τα αντικείμενα μεγάλης πολυπλοκότητας να χρειάζονται πολλαπλάσιο χρόνο σάρωσης από απλούστερα αντικείμενα.

Επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Η τελευταία φάση της διαδικασίας της ψηφιοποίησης είναι η επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Και εδώ οι καθοριστικοί παράγοντες είναι η πολυπλοκότητα και η υφή του αντικειμένου. Προκειμένου να δημιουργηθεί ένα ψηφιακό πραγματικό αποτύπωμα του αντικειμένου, χρειάζεται να πραγματοποιήσουμε μία σειρά από επεξεργασίες που αφορούν την ομαλοποίηση του πλέγματος, την ενοποίηση των διαφορετικών σαρώσεων, την απλοποίηση του μοντέλου για τη βέλτιστη απεικόνισή του.

Συγκεκριμένα λοιπόν, στο απλούστερο αντικείμενο, τη μπάλα, απαιτήθηκε συνολικά πολύ μικρότερη, έως και ελάχιστη, προετοιμασία του αντικειμένου. Λόγω της μικρής πολυπλοκότητάς της, χρειάστηκε και πολύ μικρότερος χρόνος σάρωσης αλλά και επεξεργασίας των αποτελεσμάτων.

Το μεταλλικό γλυπτό λόγω της διακριτά μεγαλύτερης ανακλαστικότητας του, χρειάστηκε επεξεργασία για να σαρωθεί. Συγκεκριμένα χρειάστηκε να επαλειφθεί με πούδρα προκειμένου να μειωθεί η ανάκλαση του φωτός που

καθιστά αναποτελεσματική τη σάρωση της επιφάνειας του. Ο χρόνος που διήρκεσε η διαδικασία της σάρωσης ήταν τέσσερις φορές (4x) μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο της μπάλας, λόγω ακριβώς της μεγαλύτερης πολυπλοκότητάς του. Τέλος και στην επεξεργασία των αποτελεσμάτων απαιτήθηκε μεγαλύτερη προσπάθεια ψηφιακής απεικόνισης και βελτιστοποίησης. Τα σημεία που είχαν σαρωθεί ήταν πολλές φορές περισσότερα από τα αντίστοιχα της μπάλας, παρόλο που η επιφάνειά της ήταν μεγαλύτερη από του γλυπτού. Χρειάστηκαν περισσότερες επεξεργασίες αναφορικά με την απλοποίηση του μοντέλου αλλά και την ομαλοποίηση του πλέγματος του.

4.1.1 Περιορισμοί

Με βάση τα παραπάνω, μπορούν να εξαχθούν διάφοροι περιορισμοί του ψηφιοποιητή που χρησιμοποιήθηκε, χωρίς αυτοί να αφορούν μόνο το συγκεκριμένο.

- Εσωτερική διαμόρφωση και γεωμετρία: Αντικείμενα με γεωμετρία που δεν βρίσκεται στο "line-of-sight" του ψηφιοποιητή, δεν μπορούν να αντιγραφούν ψηφιακά. Πολύπλοκες εσωτερικές διαμορφώσεις όπως εσωτερικές διαμορφώσεις σε τρύπες για βίδες, βάνες, κ.α., καθιστούν τη δημιουργία αντιγράφου μέσω τρισδιάστατης σάρωσης, αδύνατη
- Όπως και με όλες τις οπτικές μεθόδους, ανακλαστικές ή διάφανες επιφάνειες δημιουργούν δυσκολίες στη σάρωση. Οι αντανάκλασεις του φωτός το κάνουν είτε να κατευθυνθεί εντελώς εκτός του πεδίου του είτε κατευθείαν μέσα στις οπτικές του εστίες (π.χ. ποτήρια, μπουκάλια). Το πρόβλημα αυτό μπορεί να λυθεί εν μέρει με την εφαρμογή ειδικής πούδρας ή βαφής στα προς σάρωση αντικείμενα, εάν αυτό είναι δυνατόν.

- Ημιδιαφανή αντικείμενα όπως το ανθρώπινο δέρμα, το κερί, και οι ανθρώπινοι ιστοί είναι δύσκολο να αποτυπωθούν ψηφιακά λόγω του φαινομένου της διασποράς του φωτός κάτω από την επιφάνεια.



Εικόνα 48: Το φαινόμενο της διασποράς του φωτός.

(Πηγή: <http://cgterminal.com/2011/06/05/translucency-and-sub-surface-scattering-tutorial/>)

4.2 Λογισμικό και ψηφιοποιητής

Το βασικότερο προτέρημα του NextEngine 3D Scanner είναι ο λόγος κόστους / απόδοσης, αφού η απόδοσή και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του είναι αντίστοιχα με σαρωτές δέκα φορές ακριβότερους.

Μπορούμε επίσης να συμπεράνουμε ότι το NextEngine 3D Scanner είναι αρκετά εύκολο στη χρήση του, αφού μετά από λίγο πειραματισμό μπορούσαμε να πραγματοποιήσουμε βέλτιστες ψηφιοποιήσεις σε απλά αντικείμενα, αξιοποιώντας στο μεγαλύτερο μέρος τους τις δυνατότητες επεξεργασίας που μας παρέχει και το λογισμικό του.

Αξίζει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη συμπεριφορά του λογισμικού που παρέχεται με το σαρωτή. Πέρα από τις τεχνικές απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ, το πρόγραμμα αρκετές φορές μπορεί να είναι ασταθές. Συγκεκριμένα, συναντήθηκαν αρκετές δυσκολίες που προέκυπταν από τα απότομα "κλεισίματα" του προγράμματος, αυθαίρετα, με αποτέλεσμα να χάνεται μεγάλο μέρος τις δουλιές που είχε πραγματοποιηθεί. Αυτό μπορεί να αντιμετωπίζεται με το να "σώζει" ο χρήστης συστηματικά το μοντέλο μετά από κάθε επεξεργασία. Επίσης, προτείνεται να γίνονται αρκετές επαναλήψεις της συνολικής διαδικασίας της επεξεργασίας των αντικειμένων μετά τη σάρωση προκειμένου να αντιμετωπίζονται εγγενή προγραμματιστικά προβλήματα του λογισμικού (bugs) που κάνουν μερικά κουμπιά επεξεργασίας του μοντέλου να "χάνονται" μετά το πέρας της σάρωσης.

5 Μελλοντική ανάπτυξη - Συνέχεια

Όπως αναφέρθηκε και εισαγωγικά, το αντικείμενο της αντίστροφης μηχανικής και γενικότερα της παραγωγής πανομοιότυπων αντιγράφων αντικειμένων είναι ιδιαίτερα αναπτυσσόμενο στην εποχή μας. Η χρησιμοποίηση των τρισδιάστατων σαρωτών σε συνδυασμό με τους τρισδιάστατους εκτυπωτές είναι σε θέση να δημιουργεί πιστά αντίγραφα για ανταλλακτικά, μικρές κατασκευές, έργα τέχνης, κατασκευαστικά προϊόντα αλλά και μοντέλα που βρίσκουν άμεση εφαρμογή στον τομέα της ιατρικής (ιστοί, όργανα, οστά).

Το ScanStudio Pro, το λογισμικό του NextEngine, μπορεί να επεκταθεί και με το ScanStudio CAD Tools το οποίο παρέχει τη δυνατότητα της απευθείας εξαγωγής των σαρωμένων μοντέλων σε μοντέλα CAD, από τις σαρώσεις του NextEngine 3D Scanner. Δυστυχώς κατά τη διάρκεια αυτής της διπλωματικής δεν είχαμε στα χέρια μας το CAD Tools λογισμικό.

Τέλος ο συνδυασμός του ScanStudio με το RapidWorks 3 και ενός τρισδιάστατου εκτυπωτή, μπορούν να οδηγήσουν στην "άμεση" δημιουργία υλικού μοντέλου - αντίγραφου, μέσα σε μερικές ώρες.

Βιβλιογραφία:

1. Reverse Engineering – An industrial Perspective (Vinesh Raja and Kiran J. Fernandes).
2. Wikipedia: http://el.wikipedia.org/wiki/Charge-coupled_device
3. <http://www.3dscanningtechnologies.com/pdfs/Nextengine.pdf>
4. <http://www.nextengine.com>
5. <http://www.3ddigitalcorp.com>
6. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S107731421000264X>
7. Rapid prototyping 3D objects from scanned measurement data.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.99.3202&rep=rep1&type=pdf>
8. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511009000622>