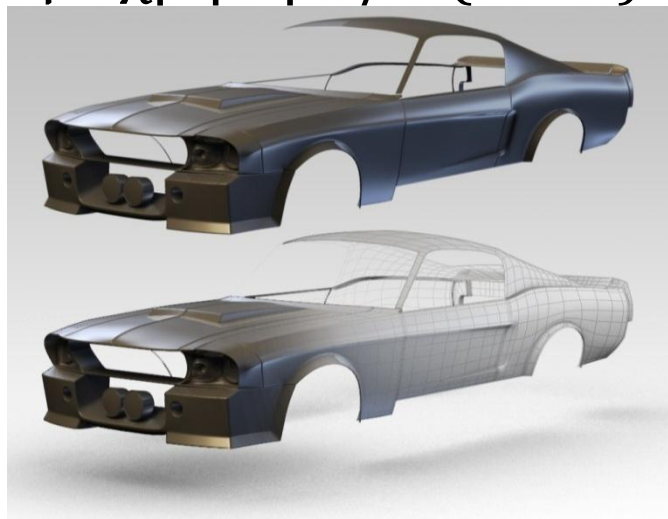




Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

Βιομηχανικός σχεδιασμός και ανάλυση συστημάτων βιομηχανικού σχεδιασμού με χρήση Η/Υ (CAID)



Διπλωματική Εργασία

Παναγιώτης Τιπούρτης Α.Μ:2003010066

Επιβλέπων καθηγητής: Νικόλαος Μπιλάλης

Χανιά 2011

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 Βιομηχανικός Σχεδιασμός	4
1.1 Εισαγωγή	4
1.2 Τι είναι το βιομηχανικό σχέδιο;	5
1.3 Ιστορία του βιομηχανικού σχεδιασμού.....	5
1.4 Βιομηχανικοί σχεδιαστές	7
1.4.1 Σχέση μεταξύ βιομηχανικών σχεδιαστών και μηχανικών	9
1.5 Βιομηχανικός σχεδιασμός και παραγωγική διαδικασία	11
1.6 Διαδικασία βιομηχανικού σχεδιασμού	15
1.7 Σημασία του βιομηχανικού σχεδιασμού για τα προϊόντα.....	19
1.8 Σημασία βιομηχανικού σχεδίου για τις επιχειρήσεις.....	22
1.8.1 Δαπάνες και κέρδη από την χρήση βιομηχανικού σχεδιασμού	23
1.8.2 Επιδρά το βιομηχανικό σχέδιο στην ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας μιας επιχείρησης;	26
1.8.3 Βιομηχανικό σχέδιο και εταιρική ταυτότητα.....	28
1.9 Ποιότητα βιομηχανικού σχεδίου	29
1.9 Προστασία βιομηχανικών σχεδίων	32
1.9.1 Πως μπορούν να προστατευθούν τα βιομηχανικά σχέδια;	33
1.9.2 Βιομηχανικά σχέδια που δεν μπορούν να προστατευθούν	33
 Κεφάλαιο 2 Συστήματα CAID	35
2.1 Εισαγωγή	35
2.2 Τι είναι τα συστήματα CAID και ποια είναι η χρήση τους;	36
2.3 Ποιες απαιτήσεις πρέπει να πληρούν τα συστήματα CAID;	37
2.4 Τύποι μοντέλων συστημάτων CAID	39
2.4.1 Μοντέλα ακμών (Wire-frame models)	39
2.4.2 Μοντέλα στερεών (Solid models).....	41
2.4.3 Μοντέλα επιφανειών (Surface models)	43
2.4.4 Παραμετρικά μοντέλα (Parametric models)	44
2.5 Ανάλυση βασικών λειτουργιών σύγχρονων συστημάτων CAID	45
2.5.1 Περιβάλλον διεπαφής (Interface)	46
2.5.2 Δημιουργία και επεξεργασία σκίτσων (sketches).....	50

2.5.3 Εργαλεία δημιουργίας και επεξεργασίας καμπυλών	54
2.5.4 Εργαλεία δημιουργίας και επεξεργασίας επιφανειών.....	56
2.5.5 Δημιουργία Renderings	59

Κεφάλαιο 3 Σχεδιασμός ηλεκτρικής κιθάρας με χρήση της εφαρμογής Pro/Concept	62
3.1 Εισαγωγή	62
3.2 Μοντελοποίηση	63
3.2.1 Δημιουργία σκίτσου κιθάρας.....	63
3.2.2 Δημιουργία σώματος κιθάρας.....	65
3.2.3 Μπράτσο κιθάρας	75
3.2.4 Τάστα, διακόπτες, μαγνήτες κιθάρας.....	77
3.2.5 Γέφυρες.....	82
3.2.6 Headstock κιθάρας.....	83
3.2.7 Χορδές και κλειδιά.....	86
3.2.8 Τρέμολο κιθάρας.....	88
3.2.9 Μικρόφωνο	90
3.3 Ψηφιακή απεικόνιση (Rendering).....	93
3.3.1 Χρωματίζοντας το μοντέλο.....	93
3.3.2 Φωτίζοντας το μοντέλο	97
3.3.3 Ρυθμίσεις ψηφιακής απεικόνισης	98
Βιβλιογραφία.....	102

Κεφάλαιο 1

Βιομηχανικός Σχεδιασμός

1.1 Εισαγωγή

Στη σημερινή εποχή, με την αγορά να έχει γίνει ιδιαίτερα ανταγωνιστική, η απόδοση μόνο μπορεί να μην είναι αρκετή ώστε να πωληθεί ένα προϊόν. Με έναν αυξανόμενο αριθμό εταιριών που συναγωνίζονται όλο και περισσότερο για την προσοχή των πελατών, η ανάγκη για εστίαση σε συνεχείς βελτιώσεις στα προϊόντα, ώστε να είναι σε θέση να πετύχουν στην αγορά, γίνεται όλο και μεγαλύτερη. Η ύπαρξη πολυάριθμων εμπορικών σημάτων στην αγορά έχει αυξήσει την δύναμη των πελατών και έχει γίνει πολύ δύσκολο να ικανοποιηθούν οι ανάγκες των αγοραστών. Επομένως, ένας κατασκευαστής πρέπει να παρέχει στους πελάτες τα πιο πρόσφατα και καλύτερα αγαθά για να τους κρατήσει πιστούς στην εταιρία του.

Όταν ένας πελάτης αποφασίσει να αγοράσει ένα προϊόν παίρνει ως δεδομένο ότι θα λειτουργεί σωστά ή ότι θα έχει τα αναμενόμενα χαρακτηριστικά. Ο αγοραστής συνήθως προσελκύεται από την εμφάνιση του προϊόντος, τις προδιαγραφές του και την τιμή του. Προσελκύεται όμως και από λιγότερο εμφανή χαρακτηριστικά όπως το χρώμα του, η αφή του, η γεωμετρία του κ.α. Αυτά τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά ενός προϊόντος κάνουν το προϊόν ευχάριστο στη χρήση του καθώς ικανοποιούν τις αισθήσεις του αγοραστή και δημιουργούν ένα δεσμό μεταξύ του αγοραστή και του προϊόντος που δεν μπορεί να εξηγηθεί από λογικά καταναλωτικά κριτήρια.

Ο βιομηχανικός σχεδιασμός επιτρέπει σε μια εταιρία να αποκομίσει ένα ανταγωνιστικό όφελος σε σχέση με τις ανταγωνίστριες εταιρίες βοηθώντας την να αναπτύξει νέα προϊόντα με ελκυστικά σχέδια που ικανοποιούν τόσο τις χρηστικές όσο και τις αισθητικές απαιτήσεις των πελατών.

1.2 Τι είναι το βιομηχανικό σχέδιο;

Προκειμένου να κατανοήσει κάποιος την έννοια του βιομηχανικού σχεδίου πρέπει πρώτα να γνωρίζει τι είναι το σχέδιο.

Σύμφωνα με τον CSD (Chartered Society of Designers), το σχέδιο είναι η δύναμη που αποδίδει καινοτομία μέσω της εκμετάλλευσης της δημιουργικότητας. Αυτή η καινοτομία αποδίδεται κανονικά υπό τη μορφή ενός τρισδιάστατου προϊόντος που παράγεται σε διάφορες ποσότητες. Εντούτοις, ο ορισμός επεκτείνεται και στα προϊόντα που παράγονται μέσω βιομηχανικών διαδικασιών.

Το σχέδιο είναι μια δημιουργική δραστηριότητα της οποίας στόχος είναι να καθιερωθούν οι πολύπλευρες ιδιότητες των αντικειμένων, των διαδικασιών, των υπηρεσιών και των συστημάτων σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής τους. Επομένως, το σχέδιο είναι ο κεντρικός παράγοντας του καινοτόμου εξανθρωπισμού των τεχνολογιών και ο κρίσιμος παράγοντας της πολιτιστικής και οικονομικής ανταλλαγής.

Σύμφωνα με τον IDSA (Industrial Design Society of America), το βιομηχανικό σχέδιο ορίζεται ως η επαγγελματική υπηρεσία της δημιουργίας και ανάπτυξης των ιδεών και προδιαγραφών που βελτιστοποιούν τη λειτουργία, την αξία και την εμφάνιση των προϊόντων και των συστημάτων για το αμοιβαίο όφελος τόσο των χρηστών όσο και των κατασκευαστών.

Αυτός ο ορισμός είναι αρκετά ευρύς ώστε να περιλαμβάνει τις δραστηριότητες ολόκληρης της ομάδας ανάπτυξης που αποτελείται από ειδικούς στους τομείς του μάρκετινγκ, της διοίκησης, της μελέτης και των κατασκευών.

1.3 Ιστορία του βιομηχανικού σχεδιασμού

Ο όρος "βιομηχανικό σχέδιο" αποδίδεται συχνά στο σχεδιαστή Joseph Claude Sinel το 1919 αλλά οι αρχές του εφαρμόστηκαν τουλάχιστον μια δεκαετία πριν. Η προέλευση

του βρίσκεται στην βιομηχανοποίηση των καταναλωτικών προϊόντων. Παραδείγματος χάριν, η Deutscher Werkbund, που ιδρύθηκε το 1907 και ήταν πρόδρομος του Bauhaus, ήταν μια υποστηριζόμενη από το κράτος προσπάθεια για να συγχωνευθούν οι παραδοσιακές τέχνες μαζί με τις βιομηχανικές τεχνικές μαζικής παραγωγής, έτσι ώστε η Γερμανία να είναι εξίσου ανταγωνιστική με την Αγγλία και τις Ηνωμένες Πολιτείες.

Η γέννηση του βιομηχανικού σχεδιασμού έγκειται στη δυτική Ευρώπη στις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Διάφορες γερμανικές επιχειρήσεις, συμπεριλαμβανομένου της AEG, μιας μεγάλης ηλεκτρικής κατασκευαστικής εταιρίας, ανάθεσαν σε ένα πλήθος βιοτεχνών και αρχιτεκτόνων να σχεδιάσουν διάφορα προϊόντα για κατασκευή. Αρχικά, αυτοί οι πρώτοι ευρωπαίοι σχεδιαστές είχαν μικρή άμεση επίδραση στην βιομηχανία. Παρ' όλα αυτά, η εργασία τους οδήγησε στις μόνιμες θεωρίες που έχουν επηρεάσει και διαμορφώσει αυτό που σήμερα γνωρίζουμε ως βιομηχανικό σχέδιο. Οι πρώτες ευρωπαϊκές θεωρίες γύρω από το βιομηχανικό σχέδιο, όπως το κίνημα του Bauhaus, πήγαν πέρα από την απλή λειτουργικότητα: έδωσαν έμφαση στη σημασία της γεωμετρίας, της ακρίβειας, της απλότητας και της οικονομίας των προϊόντων. Εν ολίγοις, οι πρώτοι ευρωπαίοι σχεδιαστές θεωρούσαν ότι ένα προϊόν πρέπει να σχεδιαστεί "από μέσα προς τα έξω" και ότι η μορφή πρέπει να ακολουθεί τη λειτουργικότητα.

Παρ' όλα αυτά, στις Ηνωμένες Πολιτείες, οι πρόωρες έννοιες του βιομηχανικού σχεδιασμού ήταν εμφανώς διαφορετικές. Ενώ οι ευρωπαίοι βιομηχανικοί σχεδιαστές ήταν αρχιτέκτονες και μηχανικοί, οι περισσότεροι βιομηχανικοί σχεδιαστές στην Αμερική ήταν στην ουσία καλλιτέχνες και εικονογράφοι. Όπως ήταν αναμενόμενο, ο βιομηχανικός σχεδιασμός στις Ηνωμένες Πολιτείες ήταν συχνά στην υπηρεσία των πωλήσεων και της διαφήμισης, όπου η εμφάνιση των προϊόντων ήταν μέγιστης σημασίας. Πρωτοπόροι στον αμερικανικό βιομηχανικό σχεδιασμό, όπως ο Walter Darwin Teague, ο Norman Bel Geddes και ο Raymond Loewy, έδωσαν έμφαση στη βελτίωση των σχεδίων των προϊόντων. Αυτή η τάση αποδεικνύεται καλύτερα στα προϊόντα της δεκαετίας του '30. Τα προϊόντα σχεδιάζονταν με μη λειτουργικές αεροδυναμικές μορφές σε μία προσπάθεια να δημιουργηθεί αγοραστική έλξη. Η αυτοκινητοβιομηχανία παρέχει άλλο ένα παράδειγμα. Οι μορφές των ευρωπαϊκών αυτοκινήτων των δεκαετιών του '30 ήταν αρκετά απλές και ομαλές, ενώ τα αυτοκίνητα των Ηνωμένων Πολιτειών της ίδιας εποχής

διακοσμήθηκαν με μη λειτουργικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα όπως πτερύγια για να κεντρίσουν το ενδιαφέρον των καταναλωτών.

Όμως μέχρι τη δεκαετία του '70, το ευρωπαϊκό σχέδιο είχε επηρεάσει δραστικά τις ιδέες του αμερικανικού βιομηχανικού σχεδιασμού, κυρίως μέσα από τα έργα των Henry Dreyfuss και Eliot Noyes. Ο αυξημένος ανταγωνισμός ανάγκασε τις επιχειρήσεις να ψάξουν τρόπους να βελτιώσουν και να διαφοροποιήσουν τα προϊόντα τους. Όλο και περισσότερο οι επιχειρήσεις δέχτηκαν το γεγονός ότι ο ρόλος του βιομηχανικού σχεδίου έπρεπε να υπερβεί τη μορφή και την εμφάνιση των προϊόντων. Επιτυχημένες εταιρίες όπως η Bell, η Deere, η Ford και η IBM ενσωμάτωσαν αποτελεσματικά το βιομηχανικό σχέδιο στη διαδικασία ανάπτυξης προϊόντων τους και έδωσαν ώθηση προς αυτή την κατεύθυνση. Σήμερα το βιομηχανικό σχέδιο ασκείται στις Ηνωμένες Πολιτείες από επαγγελματίες σε διάφορους τομείς και επίπεδα, από μικρές εταιρίες παροχής συμβουλών βιομηχανικού σχεδιασμού μέχρι μεγάλες κατασκευαστικές εταιρίες με δικές τους μονάδες βιομηχανικού σχεδίου.

1.4 Βιομηχανικοί σχεδιαστές

Οι βιομηχανικοί σχεδιαστές αναπτύσσουν ιδέες και προδιαγραφές μέσω της συλλογής, ανάλυσης και σύνθεσης των στοιχείων που καθοδηγούνται από τις ειδικές απαιτήσεις του πελάτη ή του κατασκευαστή. Ο ρόλος ενός βιομηχανικού σχεδιαστή είναι να δημιουργήσει και να εκτελέσει σχεδιαστικές λύσεις για προβλήματα που έχουν σχέση με τη μορφή, τη δυνατότητα χρησιμοποίησης, την εργονομία, τις μελέτες, το μάρκετινγκ, την ανάπτυξη εμπορικών σημάτων και των πωλήσεων. Εκπαιδεύονται για να προετοιμάσουν σαφείς και συνοπτικές συστάσεις μέσω σχεδίων, προτύπων και λεκτικών περιγραφών. Η συμβολή του βιομηχανικού σχεδιαστή δίνει έμφαση σε εκείνες τις πτυχές του προϊόντος ή του συστήματος που αφορούν άμεσα τα ανθρώπινα χαρακτηριστικά, ανάγκες και ενδιαφέροντα. Αυτή η συμβολή απαιτεί εξειδικευμένη κατανόηση κριτηρίων όψης, αφής, ασφάλειας και ευκολίας πάντα σε σχέση με τον χρήστη.

Οι βιομηχανικοί σχεδιαστές διατηρούν επίσης μια πρακτική ανησυχία για τις τεχνικές διαδικασίες και τις απαιτήσεις που αφορούν την κατασκευή, την συντήρηση των διαδικασιών, τις ευκαιρίες μάρκετινγκ, τους οικονομικούς περιορισμούς και της διανομής πωλήσεων. Εργάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίσουν ότι οι σχεδιαστικές συστάσεις τους χρησιμοποιούν τα διαθέσιμα υλικά και την υπάρχουσα τεχνολογία αποτελεσματικά και ότι συμμορφώνονται με όλες τις νομικές και ρυθμιστικές απαιτήσεις. Εκτός από την παροχή ιδεών για προϊόντα και συστήματα, οι βιομηχανικοί σχεδιαστές χρησιμοποιούνται συχνά για διαβουλεύσεις σε ποικίλα προβλήματα που έχουν να κάνουν με την εικόνα που προβάλλει ένας πελάτης. Τέτοιες αναθέσεις περιλαμβάνουν συστήματα αναγνώρισης προϊόντων και οργανισμών, ανάπτυξη επικοινωνιακών συστημάτων, σχεδιασμό εσωτερικών χώρων και εκθέσεις σχεδίων, διαφημιστικές συσκευές και συσκευασίες και άλλες σχετικές υπηρεσίες. Η πείρα τους χρησιμοποιείται σε μια ευρεία ποικιλία των χώρων της διοίκησης για να βοηθήσει στην ανάπτυξη βιομηχανικών προτύπων, ρυθμιστικών οδηγιών και διαδικασιών ποιοτικού ελέγχου με στόχο τη βελτίωση των κατασκευαστικών προϊόντων και διαδικασιών. Οι βιομηχανικοί σχεδιαστές, ως επαγγελματίες, καθοδηγούνται από τη συνειδητή τους υποχρέωση να εκπληρωθούν οι συμβατικές τους ευθύνες απέναντι στους πελάτες τους, να προστατεύσουν τη δημόσια ασφάλεια, να σεβαστούν το περιβάλλον και να χρησιμοποιούν ηθικές επιχειρησιακές πρακτικές.

Οι βιομηχανικοί σχεδιαστές εκπαιδεύονται συνήθως σε τετραετή πανεπιστημιακά προγράμματα όπου εξοικειώνονται με τη γλυπτική και τη μορφολογία, την ανάπτυξη και παρουσίαση σχεδίων, την ανάπτυξη δεξιοτήτων κατασκευής μοντέλων-προτύπων και λαμβάνουν βασικές γνώσεις των υλικών και τεχνικών κατασκευής. Στη βιομηχανική πρακτική, οι σχεδιαστές λαμβάνουν πρόσθετη βασική εκπαίδευση στην μηχανική, στις προηγμένες διαδικασίες κατασκευής και επεξεργασίας και στις πρακτικές κοινής αγοράς. Η δυνατότητά τους να εκφράσουν ιδέες οπτικά μπορεί να διευκολύνει τη διαδικασία ανάπτυξης ιδεών για μια ομάδα εργασίας. Οι βιομηχανικοί σχεδιαστές μπορούν να δημιουργήσουν τα περισσότερα από τα σκίτσα, πρότυπα και αποδόσεις που χρησιμοποιούνται από την ομάδα σε όλη τη διαδικασία ανάπτυξης, ακόμα και αν οι ιδέες προέρχονται από ολόκληρη ομάδα. Η γνώση ενός βιομηχανικού σχεδιαστή πρέπει να

είναι ευρεία. Και οι φυσικές επιστήμες και οι τέχνες πρέπει να καλυφθούν από αυτόν. Πρέπει να είναι λογικός και συγχρόνως συναισθηματικός.

Οι βιομηχανικοί σχεδιαστές είναι μια μίξη μηχανικού με καλλιτέχνη. Μελετούν και τη λειτουργία και τη μορφή, καθώς και τη σύνδεση μεταξύ του προϊόντος και του χρήστη. Δεν σχεδιάζουν τα γρανάζια που κάνουν τις μηχανές να κινούνται ή τα κυκλώματα που ελέγχουν την κίνηση αλλά μπορούν να επηρεάσουν τεχνικές πτυχές μέσα από σχέδια χρηστικότητας και σχέσεις μορφής. Και συνήθως, συνεργάζονται με μηχανικούς και εμπόρους για να προσδιορίσουν και να εκπληρώσουν τις ανάγκες, τα θέλω και τις προσδοκίες τους.

1.4.1 Σχέση μεταξύ βιομηχανικών σχεδιαστών και μηχανικών

Οι βιομηχανικοί σχεδιαστές και οι μηχανικοί έχουν δύο πολύ διαφορετικές λειτουργίες αλλά και οι δύο καταλαβαίνουν τον ζωτικής σημασίας ρόλο που κάθε ένας διαδραματίζει στη διαδικασία ανάπτυξης προϊόντων.

Οι μηχανικοί έβλεπαν πάντα τους βιομηχανικούς σχεδιαστές ως "σκισσογράφους" και δεν μπορούσαν να συνειδητοποιήσουν την καινοτομία και το όραμα που προσδίδουν στην διαδικασία ανάπτυξης. Οι μηχανικοί τείνουν να είναι περισσότερο αναλυτικοί και προσεγγίζουν τα προβλήματα κατά τρόπο συστηματικό που είναι βασισμένος σε μαθηματικές αρχές. Ο ρόλος ενός μηχανικού είναι να αναλύσει την αποδοτικότητα, τη δομική ακεραιότητα και τις επιδόσεις ενός προϊόντος. Είναι ευθύνη τους να αναπτύξουν τους εσωτερικούς μηχανισμούς του και να εξασφαλίσουν ότι όλες οι απαραίτητες λεπτομέρειες των προϊόντων είναι εφικτό να κατασκευαστούν. Από την άλλη μεριά, οι βιομηχανικοί σχεδιαστές τείνουν να είναι περισσότερο οπτικοί και αφηρημένοι, επικεντρώνονται στα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που αφορούν τους χρήστες, την εργονομία και την αισθητική. Ο ρόλος του βιομηχανικού σχεδιαστή είναι να μελετήσει την ανθρώπινη συμπεριφορά και την αλληλεπίδραση μεταξύ του ατόμου και της μηχανής, να ενισχύσει την εμπειρία του χρήστη. Φέρνουν δημιουργικότητα και έμπνευση σε ένα

προϊόν και παρουσιάζουν γρήγορα οπτικές ιδέες κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ανάπτυξης.

Ενώ οι βιομηχανικοί σχεδιαστές χρησιμοποιούν τα ίδια εργαλεία με τους μηχανικούς, αυτό δεν τους κάνει μηχανικούς, ούτε αντικαθιστά την ανάγκη για έναν μηχανικό. Οι βιομηχανικοί σχεδιαστές υστερούν σε σχέση με τους μηχανικούς όσον αφορά στην κατάρτιση στη φυσική, τη χημεία, την μηχανική και τα μαθηματικά που βρίσκονται πίσω από τις βασικές αρχές της μηχανολογίας. Οι σχεδιαστές εντούτοις, έχουν την υποχρέωση να καταλάβουν τη φύση των υλικών και τις διαδικασίες επεξεργασίας τους έτσι ώστε οι μηχανικοί να μπορούν αποτελεσματικά να εφαρμόσουν το όραμά τους.

Ενώ οι βιομηχανικοί σχεδιαστές και οι μηχανικοί μοιράζονται το ίδιο πάθος για την ανάπτυξη προϊόντων, η προσέγγιση τους στην επίλυση ενός προβλήματος είναι συχνά πολύ διαφορετική. Οι μηχανικοί και οι βιομηχανικοί σχεδιαστές ήταν σε διαφωνία για πολύ καιρό και μόνο πρόσφατα άρχισαν να αναγνωρίζουν τα οφέλη που μπορούν να αποκομίσουν δουλεύοντας μαζί. Επιπλέον, οι ομάδες μάρκετινγκ έχουν αντιληφθεί αυτή την συνεργασία και χρησιμοποιούν νέες μεθόδους για την ανάπτυξη προϊόντων.

Κατά τη διάρκεια της προηγούμενης δεκαετίας, οι βιομηχανικοί σχεδιαστές είχαν τη δυνατότητα να τοποθετούνται σε κρίσιμες θέσεις μέσα στη διαδικασία ανάπτυξης προϊόντων που τους επέτρεπαν να παρέχουν άμεσα το όραμα και την απαραίτητη δημιουργικότητα τους στα αναπτυξιακά προγράμματα. Οι βιομηχανικοί σχεδιαστές ξέρουν πότε να προκαλέσουν τους μηχανικούς προκειμένου να πραγματοποιηθεί το όραμά τους, αλλά καταλαβαίνουν επίσης την ανάγκη να συμβιβαστούν προκειμένου να κρατηθεί το πρόγραμμα σε ένα σωστό δρόμο όσον αφορά την ποιότητα και τον προϋπολογισμό. Οι μηχανικοί δεν λαμβάνουν πάντα υπόψη τη σημασία της μορφής, της ανθρώπινης αλληλεπίδρασης και της εργονομίας από την οποία οι βιομηχανικοί σχεδιαστές έλκονται. Εκεί είναι όπου οι δύο τους πρέπει να συνεργαστούν, να δημιουργήσουν λύσεις που είναι επιτακτικές, διαισθητικές, αξιόπιστες, οικολογικά έξυπνες και σχεδιασμένες για οικονομικά αποδοτική κατασκευή.

Η εισαγωγή συστημάτων CAD έχει βοηθήσει σημαντικά στο γεφύρωμα του χάσματος μεταξύ του βιομηχανικού σχεδίου και της εφαρμοσμένης μηχανικής. Τα

σύγχρονα συστήματα CAD, όπως το ProEngineer, το SolidWorks κ.α., επιτρέπουν στους σχεδιαστές να δημιουργήσουν τις αναγκαίες μορφές και να παραδώσουν με ακρίβεια τα απαραίτητα στοιχεία που χρειάζονται οι μηχανικοί και οι κατασκευαστές για τη δημιουργία του προϊόντος.

Όσο προκύπτουν νέες τεχνολογίες, οι βιομηχανικοί σχεδιαστές και οι μηχανικοί θα συνεχίσουν να μοιράζονται τις ιδέες τους αποτελεσματικότερα και οι ευκαιρίες νέων προϊόντων θα ακμάσουν. Η κύρια εστίαση θα είναι όχι μόνο στα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των προϊόντων αλλά και στην ανακάλυψη τρόπων ώστε να δημιουργηθούν εξυπνότερα και καλύτερα προϊόντα προς όφελος του καταναλωτή.

1.5 Βιομηχανικός σχεδιασμός και παραγωγική διαδικασία

Το βιομηχανικό σχέδιο μπορεί να συμπεριληφθεί στη γενική διαδικασία ανάπτυξης προϊόντων κατά τη διάρκεια διάφορων διαφορετικών φάσεων. Παρ' όλα αυτά, η χρήση του εξαρτάται από το είδος του προϊόντος που πρόκειται να σχεδιαστεί. Τα προϊόντα κατατάσσονται σε τεχνολογικά προϊόντα (Technology-Driven Products) και σε προϊόντα που απορρέουν από ανάγκες που δημιουργούνται στην αγορά (Market-Driven Products).

Το κύριο χαρακτηριστικό ενός Technology-Driven προϊόντος είναι ότι βασίζεται στην καινοτόμο τεχνολογία του. Είναι συνήθως προϊόντα που εξελίσσονται και η αγορά τους δεν έχει ακόμα αναδειχθεί. Οι καταναλωτές θα αγοράσουν το προϊόν κυρίως για τις τεχνολογικές τους επιδόσεις του παρά το γεγονός ότι ένα τέτοιο προϊόν μπορεί να έχει σημαντικές αισθητικές ή εργονομικές απαιτήσεις. Για παράδειγμα, τα MP3 Player και οι LCD τηλεοράσεις είναι Technology-Driven προϊόντα. Έτσι λοιπόν, η ομάδα ανάπτυξης ενός Technology-Driven προϊόντος βάζει ως πρώτο στόχο τις τεχνικές απαιτήσεις. Συνεπώς, ο ρόλος του βιομηχανικού σχεδίου περιορίζεται συχνά στο πως η εξωτερική εμφάνιση του προϊόντος θα αναδείξει τις τεχνολογικές επιδόσεις του.

Το κύριο χαρακτηριστικό ενός Market-Driven προϊόντος απορρέει από τη λειτουργικότητα του αλλά και την αισθητική έλξη που προκαλεί στους αγοραστές καθώς

υπάρχει μεγάλη αλληλεπίδραση του προϊόντος με τον χρήστη. Συνεπώς, το προϊόν πρέπει να είναι ασφαλές, εύκολο στην χρήση και στην συντήρηση. Η εξωτερική εμφάνιση του προϊόντος είναι πολύ σημαντική ώστε να διαφοροποιήσει το προϊόν και να δημιουργήσει μία αίσθηση υπερηφάνειας στον ιδιοκτήτη του. Παραδείγματος χάριν, μια καρέκλα γραφείου είναι ένα Market-Driven προϊόν. Αυτά τα προϊόντα μπορεί να είναι τεχνολογικά εξελιγμένα, ωστόσο η τεχνολογία δεν διαφοροποιεί το προϊόν από τα ανταγωνιστικά του, και κατά συνέπεια, για την ομάδα ανάπτυξης προϊόντων, η συνεισφορά του βιομηχανικού σχεδίου θα πηγαίνει πέρα από τις τεχνικές απαιτήσεις, δεδομένου ότι η τεχνολογία θεωρείται ήδη δεδομένη. Η ομάδα ανάπτυξης εστιάζει τις προσπάθειες της στην χρησιμότητα του προϊόντος.

Παρ' όλο που τα προϊόντα κατατάσσονται σε Technology-Driven και Market-Driven, αυτή η κατάταξη δεν είναι στατική αλλά δυναμική. Παραδείγματος χάριν όταν μια επιχείρηση αναπτύσσει ένα προϊόν που στηρίζεται σε μια νέα τεχνολογία, η επιχείρηση ενδιαφέρεται να λανσάρει το προϊόν στην αγορά όσο το δυνατόν γρηγορότερα. Σε αυτή την περίπτωση, ο ρόλος του βιομηχανικού σχεδίου είναι μικρός καθώς δίνεται μικρή έμφαση στον τρόπο με τον οποίο το προϊόν θα φαίνεται ή θα χρησιμοποιείται. Εντούτοις, καθώς οι ανταγωνιστές μπαίνουν στην αγορά, το προϊόν πρέπει να ανταγωνιστεί περισσότερες χρηστικές ή αισθητικές διαστάσεις αφού η τεχνολογία είναι διαθέσιμη και στα ανταγωνιστικά προϊόντα. Σε αυτή την περίπτωση το βιομηχανικό σχέδιο αναλαμβάνει έναν εξαιρετικά σημαντικό ρόλο στη διαδικασία ανάπτυξης. Ένα παράδειγμα είναι το walkman της Sony. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του πρώτου walkman ήταν η τεχνολογία του (μικροσκοπικό κασετόφωνο). Καθώς η τεχνολογία έγινε διαθέσιμη στην αγορά, η Sony στηρίχθηκε σε μεγάλο ποσοστό στο βιομηχανικό σχέδιο για να δημιουργήσει την αισθητική έλξη των αγοραστών και ενίσχυσε τη χρησιμότητα του προσθέτοντας στα πλεονεκτήματα του τα τεχνικά χαρακτηριστικά των επόμενων πρωτοτύπων.

Σε ένα Technology-driven προϊόν, το βιομηχανικό σχέδιο ενσωματώνεται κατά τη διάρκεια των τελευταίων φάσεων της διαδικασία ανάπτυξης και σε όλη τη διαδικασία ανάπτυξης ενός Market-Driven προϊόντος. Σημειώστε ότι η διαδικασία βιομηχανικού σχεδίου είναι μια υπό-διαδικασία της διαδικασίας ανάπτυξης προϊόντων. Είναι

παράλληλη αλλά όχι χωριστή. Η διαδικασία βιομηχανικού σχεδίου μπορεί να είναι γρήγορη σχετικά με τη γενική διαδικασία ανάπτυξης. Η τεχνική φύση των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι μηχανικοί στις σχεδιαστικές δραστηριότητες τους απαιτούν ουσιαστικά περισσότερο χρόνο για την επίλυσή τους από αυτά που εξετάζονται από το βιομηχανικό σχέδιο.

Για ένα Technology-driven προϊόν, οι δραστηριότητες του βιομηχανικού σχεδίου μπορούν να αρχίσουν αρκετά αργά στη διαδικασία ανάπτυξης. Για ένα Market-Driven προϊόν, το βιομηχανικό σχέδιο ενσωματώνεται νωρίτερα στην διαδικασία ανάπτυξης και ασχολείται με περισσότερα θέματα. Πολλές φορές μάλιστα, η διαδικασία βιομηχανικού σχεδίου είναι η κυριότερη από τις διαδικασίες ανάπτυξης προϊόντων για πολλά Market-Driven προϊόντα.

Ο Πίνακας 1 περιγράφει τις ευθύνες του βιομηχανικού σχεδίου κατά τη διάρκεια κάθε φάσης της διαδικασίας ανάπτυξης προϊόντων και πώς αυτές επηρεάζουν τις άλλες δραστηριότητες της ομάδας ανάπτυξης. Οι ευθύνες καθώς και ο χρόνος στον οποίο συμμετέχει ο βιομηχανικός σχεδιασμός αλλάζει σύμφωνα με τον τύπο του προϊόντος.

Πίνακας 1

Δραστηριότητα ανάπτυξης προϊόντων	Είδος προϊόντων	
	Technology-driven	Market-Driven
Εντοπισμός αναγκών πελατών	Ο βιομηχανικός σχεδιασμός συνήθως δεν έχει καμία εφαρμογή.	Το βιομηχανικό σχέδιο συνεργάζεται πολύ στενά με το τμήμα του μάρκετινγκ για να προσδιορίσει τις ανάγκες των πελατών. Οι βιομηχανικοί σχεδιαστές συμμετέχουν στις ερευνητικές ομάδες ή στις ατομικές συνεντεύξεις πελατών.
Παραγωγή και επιλογή αρχικού σχεδίου	Το βιομηχανικό σχέδιο συνεργάζεται με το μάρκετινγκ και τους μηχανικούς για να προσδιορίσει τα σημαντικότερα ζητήματα και πώς αυτά αντιμετωπίζονται. Τα ζητήματα ασφάλειας και συντήρησης είναι συχνά πρωταρχικής σπουδαιότητας.	Το βιομηχανικό σχέδιο παράγει τα πρώτα σχέδια.
Δοκιμή αρχικού σχεδίου	Το βιομηχανικό σχέδιο βοηθά το τεχνικό τμήμα για να δημιουργήσει τα πρωτότυπα, τα οποία παρουσιάζονται στους πελάτες.	Το βιομηχανικό σχέδιο οδηγεί στη δημιουργία των πρωτοτύπων που εξετάζονται από το μάρκετινγκ και τους πελάτες.
Μελέτη σε επίπεδο συστήματος	Το βιομηχανικό σχέδιο έχει λίγη συμμετοχή.	Το βιομηχανικό σχέδιο λιγοστεύει τον αριθμό των σχεδίων και καθορίζει τις πιο ελπιδοφόρες προσεγγίσεις.

1.6 Διαδικασία βιομηχανικού σχεδιασμού

Γενικά, οι βιομηχανικοί σχεδιαστές πρέπει να συμμετέχουν πλήρως μέσα στις λειτουργικές ομάδες ανάπτυξης των προϊόντων. Μέσα σε αυτές τις ομάδες οι μηχανικοί ακολουθούν μια διαδικασία για να παράγουν και να αξιολογήσουν τα τεχνικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα ενός προϊόντος. Κατά παρόμοιο τρόπο, οι περισσότεροι βιομηχανικοί σχεδιαστές ακολουθούν μια διαδικασία για να δημιουργήσουν την αισθητική και την εργονομία ενός προϊόντος. Παρ' όλο που η διαδικασία του βιομηχανικού σχεδιασμού μπορεί να θεωρηθεί "δημιουργική", χρησιμοποιούνται επίσης πολλές αναλυτικές διαδικασίες. Στην πραγματικότητα, πολλοί βιομηχανικοί σχεδιαστές χρησιμοποιούν συχνά διάφορες μεθοδολογίες σχεδίου στη δημιουργική διαδικασία τους.

Η διαδικασία του βιομηχανικού σχεδιασμού αποτελείται από τα εξής στάδια:

- A) Έρευνα για τις ανάγκες πελατών.
- B) Σύλληψη ιδέας.
- Γ) Προκαταρκτικός καθορισμός.
- Δ) Περαιτέρω καθορισμός και επιλογή τελικού σχεδίου.
- E) Σχέδια ελέγχου.
- Στ) Συντονισμός με το τμήμα μελετών, το κατασκευαστικό τμήμα και τους προμηθευτές.

A) Έρευνα για τις ανάγκες πελατών

Η ομάδα ανάπτυξης προϊόντων αρχίζει με την αναζήτηση και τον προσδιορισμό των αναγκών των πελατών. Δεδομένου ότι οι βιομηχανικοί σχεδιαστές είναι ειδικευμένοι στην αναγνώριση ζητημάτων που περιλαμβάνουν τις αλληλεπιδράσεις ενός προϊόντος με τους χρηστές, η συμμετοχή του βιομηχανικού σχεδιαστή είναι κρίσιμη στη διαδικασία αναγνώρισης των αναγκών. Παραδείγματος χάριν, στην έρευνα των αναγκών που αφορούν ένα νέο ιατρικό όργανο, ο βιομηχανικός σχεδιαστής θα μελετούσε την δυνατότητα λειτουργίας σε ένα ιατρείο και θα έπαιρνε συνέντευξη από τους παθολόγους.

Παρ' όλο που η συμμετοχή του τμήματος μάρκετινγκ, της μελέτης και του βιομηχανικού σχεδιασμού οδηγεί σε μια κοινή και περιληπτική κατανόηση των αναγκών του πελάτη από όλη την ομάδα ανάπτυξης προϊόντος, κυρίως ο βιομηχανικός σχεδιαστής είναι εκείνος που κατανοεί άμεσα τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ του χρήστη και του προϊόντος.

B) Σύλληψη ιδέας

Αφού γίνουν κατανοητές οι ανάγκες και οι περιορισμοί που θέτουν οι πελάτες, οι βιομηχανικοί σχεδιαστές βοηθούν την ομάδα στην αντίληψη του προϊόντος. Κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου παραγωγής, οι μηχανικοί στρέφουν φυσικά την προσοχή τους προς την εύρεση λύσεων όσον αφορά υπο-λειτουργικά θέματα του προϊόντος. Οι βιομηχανικοί σχεδιαστές συγκεντρώνονται στη δημιουργία της μορφής του προϊόντος και των διεπαφών με τον χρήστη. Οι βιομηχανικοί σχεδιαστές κάνουν τα πρώτα απλά σκίτσα. Αυτά τα σκίτσα είναι ένα γρήγορο και ανέξοδο μέσο για να εκφράσουν τις ιδέες τους γύρω από τις πιθανές μορφές που μπορεί να έχει το νέο προϊόν και να τις αξιολογήσουν.

Στη συνέχεια, τα προτεινόμενα σχέδια μπορούν να συνδεθούν με τις τεχνικές λύσεις οι οποίες ήδη επεξεργάζονται. Τα σκίτσα ομαδοποιούνται και αξιολογούνται από την ομάδα σύμφωνα με τις ανάγκες των πελατών, την τεχνική δυνατότητα πραγματοποίησης τους, το κόστος και τις εκτιμήσεις της παραγωγής.

Είδαμε πριν ότι σε μερικές επιχειρήσεις, οι βιομηχανικοί σχεδιαστές εργάζονται ανεξάρτητα από τους μηχανικούς. Όταν αυτό συμβαίνει, οι βιομηχανικοί σχεδιαστές είναι πιθανό να προτείνουν σχέδια με διαφορετική μορφή και ύφος με αποτέλεσμα οι μηχανικοί να βρίσκουν τα σχέδια τεχνικά μη πραγματοποιήσιμα και έτσι να απαιτείται ένας αριθμός επαναλήψεων σχεδιασμού και ελέγχων ούτως ώστε να επιλεγούν τα καταλληλότερα σχέδια. Οι εταιρίες επομένως πρέπει να συντονίζουν στενά τις προσπάθειες των βιομηχανικών σχεδιαστών και των μηχανικών σε όλη τη φάση ανάπτυξης των σχεδίων έτσι ώστε να αποφευχθούν αυτές οι επαναλήψεις και να μπορούν τα προϊόντα να ολοκληρωθούν γρηγορότερα.

Γ) Προκαταρκτικός καθορισμός

Στην φάση προκαταρκτικού καθορισμού, οι βιομηχανικοί σχεδιαστές φτιάχνουν μαλακά μοντέλα των πιο ελπιδοφόρων σχεδίων. Αυτά γίνονται κυρίως σε πλήρη κλίμακα χρησιμοποιώντας αφρό ή πυρήνα από αφρό. Είναι η δεύτερη γρηγορότερη μέθοδος - ελαφρώς πιο αργή από τα σκίτσα – που χρησιμοποιείται για να αξιολογηθούν τα αρχικά σχέδια.

Αν και η επιφάνεια τους είναι τραχεία, τα πρωτότυπα αυτά είναι ανεκτίμητα επειδή επιτρέπουν στην ομάδα ανάπτυξης να εκφράσει και να απεικονίσει τα αρχικά σχέδια των προϊόντων σε τρεις διαστάσεις. Τα σχέδια αξιολογούνται από τους βιομηχανικούς σχεδιαστές, τους μηχανικούς, το εμπορικό προσωπικό και μερικές φορές και από πιθανούς πελάτες μέσω επαφής και τροποποιούνται ανάλογα. Συνήθως, οι σχεδιαστές φτιάχνουν όσο το δυνατόν περισσότερα πρωτότυπα ανάλογα με τους χρονικούς και οικονομικούς περιορισμούς. Τα σχέδια που είναι ιδιαίτερα δύσκολο να απεικονιστούν συνήθως απαιτούν περισσότερα πρωτότυπα από ό,τι τα απλούστερα.

Δ) Περαιτέρω καθορισμός και επιλογή τελικού σχεδίου

Σε αυτή τη φάση, οι βιομηχανικοί σχεδιαστές συχνά μεταπηδούν από τα μαλακά πρωτότυπα και τα πρώτα σκίτσα στα σκληρά πρωτότυπα και σε σχέδια που δίνουν περισσότερες πληροφορίες, γνωστά και ως renderings. Τα renderings παρουσιάζουν τις λεπτομέρειες του σχεδίου και συχνά, απεικονίζουν το προϊόν σε χρήση. Σχεδιασμένα σε δύο ή τρεις διαστάσεις, μεταβιβάζουν πολλές πληροφορίες για το προϊόν. Τα renderings χρησιμοποιούνται συχνά για μελέτες του χρώματος και για την εξέταση της αποδοχής των προτεινόμενων χαρακτηριστικών γνωρισμάτων και της λειτουργίας του προϊόντος από τους πελάτες.

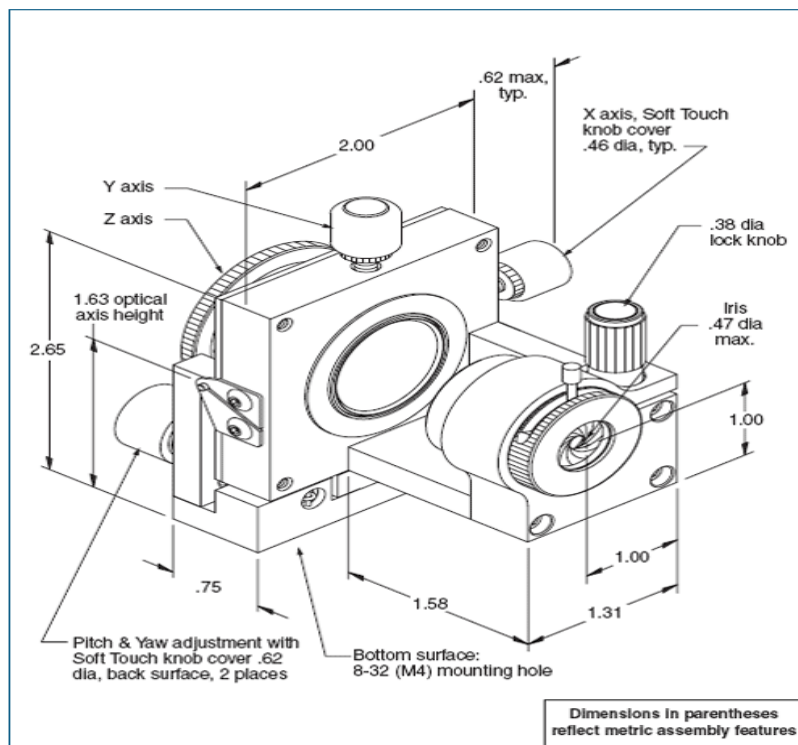
Το τελικό βήμα καθορισμού πριν επιλέγει ένα σχέδιο είναι να δημιουργηθούν τα σκληρά πρωτότυπα. Αυτά τα πρωτότυπα είναι τεχνικά μη λειτουργικά. Παρ' όλα αυτά, είναι πιστά αντίγραφα του τελικού σχεδίου και έχουν πολύ ρεαλιστική όψη και αίσθηση. Κατασκευάζονται από ξύλο, πυκνό αφρό, πλαστικό, ή μέταλλο και στην συνέχεια χρωματίζονται. Μπορεί να έχουν μερικά λειτουργικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα όπως

κουμπιά που πιέζονται ή γυρίζουν. Λόγο του υψηλού κόστους κατασκευής αυτών των αντιγράφων, η ομάδα ανάπτυξης προϊόντων συνήθως δημιουργεί ένα μικρό αριθμό κομματιών.

Τα σκληρά πρωτότυπα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καθοριστεί περαιτέρω το τελικό προϊόν. Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διαφήμιση και προώθηση του προϊόντος σε εκθέσεις εμπορίου και να λάβουν πληροφορίες για την αίσθηση του προϊόντος από ομάδες υποψήφιων πελατών.

Ε) Σχέδια ελέγχου

Η διαδικασία ανάπτυξης ενός προϊόντος ολοκληρώνεται από τους βιομηχανικούς σχεδιαστές κάνοντας τα σχέδια ελέγχου του τελικού προϊόντος. Τα σχέδια ελέγχου τεκμηριώνουν την λειτουργικότητα, τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα, τα μεγέθη, τα χρώματα, τα τελειώματα των επιφανειών και τις βασικές διαστάσεις του προϊόντος. Αν και δεν είναι λεπτομερή σχέδια, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να κατασκευαστούν τα τελικά πρωτότυπα σχέδια. Στην ουσία, αυτά τα σχέδια δίνονται στους σχεδιαστές των επιμέρους τμημάτων για την ολοκλήρωση των επιμέρους λεπτομερειών.



Εικόνα 1: Σχέδιο ελέγχου

Στ) Συντονισμός με το τμήμα μελετών, το κατασκευαστικό τμήμα και τους προμηθευτές

Οι βιομηχανικοί σχεδιαστές πρέπει να συνεχίσουν να συνεργάζονται στενά με τους μηχανικούς και τους κατασκευαστές σε όλα τα επόμενα στάδια της διαδικασίας ανάπτυξης των προϊόντων.

Μερικές εταιρίες βιομηχανικού σχεδιασμού προσφέρουν όλες τις σημαντικές υπηρεσίες ανάπτυξης προϊόντων, συμπεριλαμβανομένου της δημιουργίας λεπτομερούς μηχανολογικού σχεδίου αλλά και της επιλογής και διαχείρισης των τελικών προμηθευτών των υλικών, των εργαλείων και των υπηρεσιών συναρμολόγησης.

1.7 Σημασία του βιομηχανικού σχεδιασμού για τα προϊόντα

Τα περισσότερα προϊόντα στην αγορά μπορούν να βελτιωθούν και να ωφεληθούν με κάποιο τρόπο από ένα καλό βιομηχανικό σχέδιο γι' αυτό και η εμπορική επιτυχία τους εξαρτάται σημαντικά από αυτό.

Έχοντας αυτό υπόψη, ένας εύκολος τρόπος για την αξιολόγηση της σημασίας του βιομηχανικού σχεδίου σε ένα συγκεκριμένο προϊόν είναι η αξιολόγηση του βιομηχανικού σχεδίου στις πτυχές-διαστάσεις ενός προϊόντος που αφορούν τον χρήστη και αυτές είναι η αισθητική και η εργονομία.

Ο σημαντικότερος ρόλος του βιομηχανικού σχεδιασμού είναι να εξετάσει την αλληλεπίδραση του προϊόντος με τον άνθρωπο, το πώς φαίνεται, την αίσθηση αφής, το πώς μυρίζει ή ηχεί, δηλαδή την αισθητική του προϊόντος. Για τα περισσότερα προϊόντα, η οπτική έλξη είναι η σημαντικότερη. Αυτό έχει να κάνει με το εάν η μορφή, η αναλογία, η ισορροπία και το χρώμα των στοιχείων του προϊόντος δημιουργούν ένα ευχάριστο σύνολο. Προσέχοντας κατάλληλα την αισθητική κατά τη σχεδίαση, ο σχεδιαστής μπορεί να προσδώσει μια υπερηφάνεια ιδιοκτησίας και μια αίσθηση ποιότητας και γοήτρου σε ένα προϊόν. Κατάλληλες στυλιστικές λεπτομέρειες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επιτύχουν τη διαφοροποίηση προϊόντων σε μια σειρά από παρόμοια προϊόντα. Επίσης, το στυλ είναι συχνά σημαντικό στο σχεδιασμό της συσκευασίας για ένα προϊόν.

Ο δεύτερος σημαντικότερος ρόλος του βιομηχανικού σχεδίου είναι να διασφαλίσει ότι το προϊόν καλύπτει όλες τις απαιτήσεις της διεπαφής ανθρώπου-προϊόντος, ενός θέματος συχνά αποκαλούμενου εργονομία ή χρηστικότητα. Η εργονομία εξετάζει τις αλληλεπιδράσεις των χρηστών με ένα προϊόν και διασφαλίζει ότι το προϊόν είναι εύκολο στη χρήση και στην συντήρηση.

Όσο πιο σημαντική είναι η κάθε διάσταση για την επιτυχία του προϊόντος, τόσο πιο εξαρτώμενο είναι το προϊόν από το βιομηχανικό σχέδιο. Επομένως, απαντώντας μια σειρά ερωτήσεων που αφορούν αυτές τις δύο διαστάσεις, την αισθητική και την εργονομία, μπορούμε ποιοτικά να αξιολογήσουμε τη σημασία του βιομηχανικού σχεδίου.

Αισθητική

- Είναι απαραίτητη η οπτική διαφοροποίηση των προϊόντων; Τα προϊόντα που ενσωματώνουν παρόμοια τεχνολογία εξαρτώνται ιδιαίτερα από το βιομηχανικό σχέδιο προκειμένου να δημιουργήσουν μία οπτική διαφοροποίηση και ως εκ τούτου, να προκαλέσουν την αισθητική έλξη των καταναλωτών. Αντίθετα, ένα προϊόν όπως ο σκληρός δίσκος ενός υπολογιστή, που διαφοροποιούνται ανάλογα με την τεχνολογική απόδοσή τους, εξαρτώνται πολύ λιγότερο από το βιομηχανικό σχέδιο.
- Πόσο σημαντικό είναι το αίσθημα υπερηφάνειας της ιδιοκτησίας και εικόνας που δημιουργεί ένα προϊόν; Η αντίληψη ενός πελάτη για ένα προϊόν βασίζεται εν μέρει στην αισθητική έλξη που του προκαλεί. Ένα ελκυστικό προϊόν μπορεί να συνδεθεί με την μόδα και να δημιουργήσει πιθανώς μια ισχυρή αίσθηση υπερηφάνειας μεταξύ των ιδιοκτητών και κατόχων του. Αυτό μπορεί επίσης να ισχύει και για ένα προϊόν που φαίνεται τραχύ ή συντηρητικό. Όταν τέτοια χαρακτηριστικά είναι σημαντικά, το βιομηχανικό σχέδιο θα διαδραματίσει έναν κρίσιμο ρόλο για την επιτυχία του προϊόντος.
- Μπορεί ένα αισθητικό προϊόν να αποτελέσει κίνητρο για την ομάδα ανάπτυξης ενός προϊόντος; Ένα προϊόν που είναι αισθητικά ελκυστικό μπορεί να παράγει

μια αίσθηση υπερηφάνειας στην σχεδιαστική ομάδα και το κατασκευαστικό προσωπικό που ασχολήθηκε με την ανάπτυξή του. Η υπερηφάνεια της ομάδας βοηθά στην ενοποίηση όλων αυτών που συνδέονται με το πρόγραμμα. Μια αρχική ιδέα ενός βιομηχανικού σχεδίου δίνει στην ομάδα ένα συγκεκριμένο όραμα όσον αφορά το τελικό αποτέλεσμα.

Εργονομία

- Πόσο σημαντική είναι η ευκολία χρήσης; Η ευκολία χρήσης ενός προϊόντος μπορεί να είναι εξαιρετικά σημαντική και για τα προϊόντα συχνής χρήσης, όπως ένα φωτοτυπικό μηχάνημα γραφείου και για τα σπανίως χρησιμοποιούμενα προϊόντα, όπως ένας πυροσβεστήρας. Η ευκολία της χρήσης είναι πιο προκλητική εάν το προϊόν έχει πολλαπλά χαρακτηριστικά γνωρίσματα τα οποία μπορούν να συγχύσουν το χρήστη. Όταν η ευκολία της χρήσης είναι ιδιαίτερα σημαντική, οι βιομηχανικοί σχεδιαστές θα πρέπει να εξασφαλίσουν ότι τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του προϊόντος μεταδίδουν αποτελεσματικά την λειτουργικότητά τους.
- Πόσο σημαντική είναι η ευκολία της συντήρησης; Εάν το προϊόν χρειάζεται συχνά συντήρηση ή επισκευή, τότε η ευκολία συντήρησης είναι κρίσιμη. Για παράδειγμα, ένας χρήστης πρέπει να είναι σε θέση να βγάλει το χαρτί που έχει κολλήσει σε έναν εκτυπωτή ή ένα φωτοτυπικό μηχάνημα εύκολα. Οι βιομηχανικοί σχεδιαστές σε συνεργασία με τους μηχανικούς του τμήματος μελετών συνεργάζονται για να ελαχιστοποιήσουν τα προβλήματα που συναντώνται στις διαδικασίες συντήρησης. Εντούτοις, σε πολλές περιπτώσεις, μια πιο επιθυμητή λύση είναι να εξουδετερωθεί εντελώς η ανάγκη για συντήρηση.
- Πόσες επαφές απαιτούνται από τον χρήστη για την λειτουργία του προϊόντος; Γενικά, όσο περισσότερες επαφές έχει ο χρήστης με το προϊόν, τόσο περισσότερο το προϊόν εξαρτάται από το βιομηχανικό σχέδιο. Παραδείγματος χάριν, σε ένα πόμολο υπάρχει μια μόνο επαφή, ενώ σε ένα φορητό υπολογιστή οι επαφές είναι

πολύ περισσότερες, τις οποίες ο βιομηχανικός σχεδιαστής πρέπει να λάβει υπόψη του κατά τη σχεδίαση. Επιπλέον, κάθε επαφή μπορεί να απαιτεί μια διαφορετική σχεδιαστική προσέγγιση ή / και πρόσθετη έρευνα.

- Πόσο πρωτοποριακές είναι οι ανάγκες αλληλεπίδρασης με το χρήστη; Οι αλλαγές σε στοιχεία διεπαφής με το χρήστη που απαιτούν στοιχειώδη αναβάθμιση σε ένα υπάρχον σχέδιο θα ενσωματωθούν σχεδόν άμεσα στο σχέδιο ενώ οι πρωτοποριακές αλλαγές απαιτούν βαθύτερη έρευνα και ειδικές μελέτες έτσι ώστε να διαπιστωθεί η δυνατότητα πραγματοποίησής τους.
- Ποια είναι τα ζητήματα ασφάλειας; Όλα τα προϊόντα έχουν εκτιμήσεις ασφάλειας. Για μερικά προϊόντα αυτό μπορεί να σημαίνει σημαντικές προκλήσεις για την σχεδιαστική ομάδα. Παραδείγματος χάριν, οι ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια στον σχεδιασμό ενός παιδικού παιχνιδιού είναι πιο σημαντικές από εκείνες για ένα νέο ποντίκι υπολογιστών.

1.8 Σημασία βιομηχανικού σχεδίου για τις επιχειρήσεις

Οι αναπτυσσόμενες οικονομίες έχουν να αντιμετωπίσουν το διεθνή ανταγωνισμό και επιπλέον, παρόμοια τεχνολογία ισχύει για όλες τις επιχειρήσεις σε κάθε σχετικό κλάδο. Επομένως οι επιχειρήσεις πρέπει να προσπαθήσουν σκληρά να κρατήσουν τη θέση τους στην αγορά ή να δημιουργήσουν νέες επιχειρησιακές ευκαιρίες. Νέες και καινοτόμες στρατηγικές απαιτούνται σε κάθε περίπτωση έτσι ώστε να επιτευχθεί μια διαφοροποίηση στην αγορά. Το βιομηχανικό σχέδιο έχει έναν ουσιαστικό ρόλο δεδομένου ότι αναγνωρίζεται ως ένα πολύτιμο εργαλείο για την επίτευξη βιώσιμου ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος και εμπορικής επιτυχίας.

Για να διαπιστώσουμε όμως κατά πόσο αξίζει να επενδύσει κανείς στο βιομηχανικό σχέδιο πρέπει να εξετάσουμε το κόστος του βιομηχανικού σχεδιασμού και να το συγκρίνουμε με τα οφέλη που αποκομίζει μια επιχείρηση από την χρήση του. Οι μάνατζερ θέλουν συχνά να ξέρουν, για ένα συγκεκριμένο προϊόν ή για μια επιχειρησιακή

λειτουργία, πόση προσπάθεια απαιτείται και ποιο ποσό πρέπει να επενδυθεί στο βιομηχανικό σχέδιο. Αν και είναι δύσκολο κάτι τέτοιο να υπολογιστεί ακριβώς, μπορούμε να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα με την εξέταση των δαπανών και των κερδών.

1.8.1 Δαπάνες και κέρδη από την χρήση βιομηχανικού σχεδιασμού

Οι δαπάνες για το βιομηχανικό σχέδιο περιλαμβάνουν το άμεσο κόστος, το κόστος παραγωγής και το χρονικό κόστος, τα οποία περιγράφονται παρακάτω:

- Το άμεσο κόστος είναι το κόστος των υπηρεσιών του βιομηχανικού σχεδίου. Αυτό το ποσό εξαρτάται από τον αριθμό των σχεδιαστών που χρησιμοποιήθηκαν, τη διάρκεια του προγράμματος, τον αριθμό πρωτοτύπων που απαιτούνται, συν τις υλικές και άλλες σχετικές δαπάνες. Ενδεικτικά, στις Η.Π.Α το 2000 οι εξωτερικές υπηρεσίες βιομηχανικού σχεδιασμού κόστιζαν 75 με 150\$ την ώρα συν τα κόστη για πρωτότυπα, φωτογραφίες κ.α. Περίπου το ίδιο κόστιζε και στις επιχειρήσεις με δικό τους τμήμα βιομηχανικού σχεδιασμού.
- Το κόστος παραγωγής είναι η δαπάνη προκειμένου να εφαρμοστούν οι λεπτομέρειες των προϊόντων που δημιουργούνται μέσω του βιομηχανικού σχεδίου. Η τελική επιφάνεια, οι τυποποιημένες μορφές, τα πλούσια χρώματα και πολλές άλλες σχεδιαστικές λεπτομέρειες μπορούν να αυξήσουν το κόστος σχεδίασης και το κόστος παραγωγής. Παρ' όλα αυτά, πολλές από τις λεπτομέρειες του βιομηχανικού σχεδίου μπορούν να εφαρμοστούν χωρίς κανένα κόστος, ιδιαίτερα εάν το βιομηχανικό σχέδιο περιλαμβάνεται αρκετά νωρίς στη διαδικασία ανάπτυξης ενός προϊόντος και κυρίως εάν ο βιομηχανικός σχεδιαστής συνεργάζεται στενά με τους κατασκευαστές και τους μηχανικούς.
- Το χρονικό κόστος είναι η ποινική ρήτρα που συνδέεται με την χρονική καθυστέρηση ανάπτυξης ενός σχεδίου. Δεδομένου ότι οι βιομηχανικοί σχεδιαστές

προσπαθούν να καθορίσουν την εργονομία και την αισθητική ενός προϊόντος, πολλές επαναλήψεις και διάφορα πρωτότυπα σχεδίου θα είναι απαραίτητα. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μια καθυστέρηση στην ανάπτυξη του προϊόντος, η οποία θα έχει πιθανώς ένα οικονομικό κόστος.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται ενδεικτικά τα ποσοστά προϋπολογισμού ανάπτυξης που αναλογούν στο βιομηχανικό σχέδιο καθώς και οι συνολικές δαπάνες βιομηχανικού σχεδιασμού για διάφορα προϊόντα.

Πίνακας 2

	Ποσοστό του προϋπολογισμού ανάπτυξης που αναλογούν στο βιομηχανικό σχέδιο (%)	Συνολικές δαπάνες για το βιομηχανικό σχέδιο σε χιλιάδες(\$)
Αεροσκάφος	3	100.000
Αυτοκίνητο	4	10.000
Πολυεργαλείο χειρός	6	50
Ηλεκτρική σκούπα χειρός	20	140
Μεγάλης κλίμακας ιατρικά εργαλεία	8	70

Ο Πίνακας 2 δείχνει ότι οι δαπάνες για το βιομηχανικό σχέδιο είναι τεράστιες. Για τα προϊόντα με σχετικά λίγη αλληλεπίδραση με τους χρηστές όπως μερικοί τύποι βιομηχανικών εξοπλισμών, το κόστος του βιομηχανικού σχεδίου είναι μερικές δεκάδες χιλιάδες. Η ανάπτυξη όμως ενός έντονα οπτικού και ιδιαίτερα χρήσιμου προϊόντος όπως ένα αυτοκίνητο απαιτεί εκατομμύρια από τα χρήματα του προϋπολογισμού του να επενδυθούν στο βιομηχανικό σχέδιο. Το σχετικό κόστος του βιομηχανικού σχεδίου ως

μέρος του γενικού προϋπολογισμού ανάπτυξης παρουσιάζει επίσης ένα ευρύ φάσμα. Για ένα τεχνικά πολύπλοκο προϊόν, όπως ένα αεροσκάφος, το κόστος του βιομηχανικού σχεδίου μπορεί να είναι ασήμαντο σχετικά με τα τεχνολογικά έξοδα και τις άλλες δαπάνες ανάπτυξης. Αυτό δεν σημαίνει, εντούτοις, ότι το βιομηχανικό σχέδιο είναι ασήμαντο για τέτοια προϊόντα. Σημαίνει μόνο ότι οι άλλες λειτουργίες ανάπτυξης είναι δαπανηρότερες. Παραδείγματος χάριν, η επιτυχία ενός νέου σχεδίου αυτοκινήτου εξαρτάται ιδιαίτερα από την αισθητική του αλλά και την ποιότητα του, δύο διαστάσεις που καθορίζονται κατά ένα μεγάλο μέρος από το βιομηχανικό σχέδιο. Παρ' όλα αυτά, βλέπουμε πως η δαπάνη 10 εκατομμυρίων \$ για το βιομηχανικό σχέδιο είναι μέτρια σχετικά με τον συνολικό προϋπολογισμό ανάπτυξης.

Τα οφέλη της χρήσης του βιομηχανικού σχεδίου συμπεριλαμβάνουν την αυξημένη ελκυστικότητα των προϊόντων και τη μεγαλύτερη ικανοποίηση των πελατών μέσω πρόσθετων ή καλύτερων χαρακτηριστικών και διαφοροποίησης των προϊόντων. Αυτά τα οφέλη μεταφράζονται συνήθως σε ένα σημαντικό χρηματικό κέρδος για την εταιρία ή ακόμα και αύξηση του μεριδίου που κατέχουν οι επιχειρήσεις στην αγορά.

Οι δαπάνες και τα κέρδη του βιομηχανικού σχεδίου υπολογίστηκαν σε μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο πανεπιστήμιο MIT που αξιολόγησε τον αντίκτυπο των σχεδιαστικών λεπτομερειών πάνω σε παράγοντες επιτυχίας των προϊόντων για ένα σύνολο ανταγωνιστικών προϊόντων στην αγορά. Αν και η συσχέτιση είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθεί ακριβώς, η μελέτη βρήκε έναν σημαντικό συσχετισμό μεταξύ της αισθητικής των προϊόντων και της λιανικής τους αξίας. Οι ερευνητές δεν μπορούσαν να καταλήξουν εάν οι κατασκευαστές είχαν τελικά εκτιμήσει τα προϊόντα τους βέλτιστα, ούτε μπορούσαν να πουν κατηγορηματικά εάν η αισθητική των προϊόντων επέτρεπε στους κατασκευαστές να επιβάλουν υψηλότερες τιμές στα προϊόντα τους. Ωστόσο, η έρευνα υποστηρίζει ότι έστω και μία μικρή αύξηση στην τιμή / μονάδα, λόγω χρήσης βιομηχανικού σχεδιασμού, θα απέφερε τεράστια κέρδη στον κύκλο ζωής του προϊόντος. Οι βιομηχανικοί σχεδιαστές υποστηρίζουν ότι ακόμα και αν το βιομηχανικό σχέδιο προσθέσει έστω και ένα δολάριο στο όφελος που αποκομίζουν οι καταναλωτές από την αγορά του προϊόντος, αυτό θα αποφέρει πολλαπλάσια έσοδα στο μέλλον στην εταιρία.

Μια δεύτερη μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Ανοικτό πανεπιστήμιο της Αγγλίας επίσης υποστηρίζει ότι η επένδυση στο βιομηχανικό σχέδιο έχει θετικό αντίκτυπο στην εταιρία. Αυτή η μελέτη παρακολούθησε το εμπορικό αντίκτυπο της επένδυσης στην τεχνολογία και το βιομηχανικό σχέδιο για 221 σχεδιαστικά προγράμματα σε μικρού και μεσαίου μεγέθους κατασκευαστικές εταιρίες προϊόντων. Η μελέτη υποστηρίζει ότι η επένδυση σε συμβούλους βιομηχανικού σχεδιασμού οδήγησε σε κέρδη πάνω από 90 % ενώ σε σχέση με πριν, όταν η χρήση βιομηχανικού σχεδιασμού δεν ήταν εκτεταμένη, οι πωλήσεις ήταν αυξημένες κατά 40%.

Για μια συγκεκριμένη απόφαση, με απλούς υπολογισμούς και αναλύσεις ευαισθησίας μπορούν να υπολογιστούν τα πιθανά οικονομικά οφέλη από το βιομηχανικό σχέδιο. Παραδείγματος χάριν, εάν η επένδυση στο βιομηχανικό σχέδιο οδηγήσει σε ένα πρόσθετο κόστος π.χ. \$10 ανά μονάδα, ποιο θα είναι το καθαρό οικονομικό όφελος όταν αθροιστούν όλες οι πωλήσεις, πέρα από τις αρχικές προβλέψεις; Ομοίως, εάν η επένδυση στο βιομηχανικό σχέδιο οδηγήσει πιθανώς σε μια μεγαλύτερη ζήτηση για το προϊόν π.χ. περίπου 1.000 μονάδες ετησίως, ποιο θα είναι το καθαρό οικονομικό όφελος όταν αθροίσουμε το αρχικό κόστος των μονάδων; Οι κατά προσέγγιση εκτιμήσεις αυτών των οφελών μπορούν να συγκριθούν με το αναμενόμενο κόστος του βιομηχανικού σχεδίου και να αποδειχθεί εύκολα το οικονομικό όφελος της χρήσης βιομηχανικού σχεδιασμού.

1.8.2 Επιδρά το βιομηχανικό σχέδιο στην ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας μιας επιχείρησης:

Πρόσφατη έρευνα έδειξε ότι οι πηγές ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος επηρεάζουν την επιλογή των ανταγωνιστικών στρατηγικών μιας επιχείρησης ιδιαίτερα στις αποτελούμενες από μικρές επιχειρήσεις βιομηχανίες που στρέφονται κυρίως στη σχεδίαση.

Υπάρχει μία αυξανόμενη πεποίθηση ότι η επένδυση στο βιομηχανικό σχέδιο είναι ευεργετική για μία εταιρία. Βασική προϋπόθεση είναι η συμμετοχή του βιομηχανικού σχεδίου στην απόδοση μιας εταιρίας να μην είναι απεριόριστη αλλά να εξαρτάται από

την βιομηχανική εξέλιξη και από τον στρατηγικό σχεδιασμό κάθε εταιρίας. Όταν το σχέδιο γίνεται βασικός πυρήνας μιας επιχείρησης αυξάνει το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα της, κάτι που επηρεάζει την ανταγωνιστική στρατηγική της επιχείρησης. Παρ' όλα αυτά, πρέπει να ληφθεί υπόψη η κρίσιμη ισορροπία μεταξύ του "τι προσφέρει η επιχείρηση", μέσα στα όρια της δημιουργικότητας, και του "τι επιθυμεί ο πελάτης". Η διαφοροποίηση των προϊόντων, όπως εκφράζεται μέσα από την δημιουργικότητα, είναι μια προστιθέμενη αξία για την συνολική ποιότητα του προϊόντος και ως εκ τούτου, η πρωτοτυπία και η καταλληλότητα του προϊόντος αναμένονται να αποσπάσουν μια θετική επίδραση συμβατή με την κρίση του πελάτη προκειμένου να υπάρχει θετική επίδραση στην απόδοση της επιχείρησης.

Στη συνέχεια θα εξετάσουμε τα αποτελέσματα μιας έρευνας για να διαπιστώσουμε την επίδραση του βιομηχανικού σχεδιασμού στην απόδοση μιας επιχείρησης. Οι εταιρίες που εξετάστηκαν ήταν δυο ολλανδικές κατασκευαστικές εταιρίες, συγκεκριμένα οικιακών επίπλων και οργάνων ακριβείας. Αυτά τα προϊόντα επιλέχτηκαν επειδή η ενσωμάτωση βιομηχανικού σχεδιασμού στη διαδικασία ανάπτυξης των προϊόντων τους είναι μάλλον ώριμη στην πρώτη περίπτωση και αναδυόμενη στην δεύτερη. Συλλέχθηκαν δεδομένα από εταιρίες που επενδύουν αρκετά στο βιομηχανικό σχέδιο και εταιρίες που επενδύουν ελάχιστα ως και τίποτα σε αυτό, μέσω ενός ημι-δομημένου ερωτηματολογίου που συμπληρώθηκε από ανώτερα στελέχη κατά τη διάρκεια πρόσωπο με πρόσωπο επαφών.

Διαπιστώθηκε ότι ο βαθμός στον οποίο οι εταιρίες ενσωματώνουν το βιομηχανικό σχέδιο στις αναπτυξιακές διαδικασίες νέων προϊόντων έχει μια σημαντική και θετική επίδραση στην απόδοση της επιχείρησης, ειδικότερα όταν η στρατηγική βιομηχανικού σχεδιασμού είναι σχετικά νέα στη σχετική βιομηχανία. Δεν υπήρξε κανένα στοιχείο που να δείχνει ότι η σχεδιαστική καινοτομία είναι σημαντικότερη στις βιομηχανίες όπου η χρήση του σχεδίου είναι ώριμη απ' ό,τι στις βιομηχανίες όπου η χρήση του σχεδίου είναι σχετικά καινούρια. Αντ' αυτού, διαπιστώθηκε ότι η καινοτομία σχεδίου έχει σημαντικά θετικά αποτελέσματα απόδοσης και στους δύο τύπους βιομηχανιών. Ένα σημαντικό συμπέρασμα από τη μελέτη είναι ότι οι διευθυντές ανάπτυξης νέων προϊόντων πρέπει να εξετάσουν τη μεταβαλλόμενη φύση του ανταγωνισμού κατά τη

διάρκεια της βιομηχανικής εξέλιξης καθώς αναπτύσσουν στρατηγικές που εντάσσουν τη χρήση του βιομηχανικού σχεδίου στην ανάπτυξη νέων προϊόντων. Ένα άλλο σημαντικό συμπέρασμα είναι ότι, εκτός από την ύπαρξη καινοτομίας στον τομέα των προϊόντων, η ύπαρξη καινοτομίας όσον αφορά το σχέδιο και τη στρατηγική σχεδιασμού μπορεί να βοηθήσει και να ενισχύσει την ανταγωνιστικότητα μιας επιχείρησης ανεξάρτητα από την τεχνολογική εξέλιξη.

Αποδεικνύεται έτσι ότι ο βιομηχανικός σχεδιασμός αποτελεί μια από τις αξίες που συμβάλλουν στο να αποκτήσει μια επιχείρηση ένα βιώσιμο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα και εμπορική επιτυχία και δείχνει ότι ο αποτελεσματικός βιομηχανικός σχεδιασμός σχετίζεται με καλές εταιρικές χρηματοοικονομικές επιδόσεις.

1.8.3 Βιομηχανικό σχέδιο και εταιρική ταυτότητα

Η εταιρική ταυτότητα προσδιορίζεται από “το οπτικό στυλ ενός οργανισμού”, έναν παράγοντα που έχει επιπτώσεις στον προσδιορισμό της θέσης της εταιρίας στην αγορά (Olins, 1989). Η ταυτότητα μίας εταιρίας προκύπτει κυρίως μέσω αυτού που οι άνθρωποι βλέπουν. Η διαφήμιση, τα λογότυπα, τα σήματα, οι στολές, τα κτίρια, η συσκευασία και τα σχέδια προϊόντων, όλα συμβάλλουν στη δημιουργία της εταιρικής ταυτότητας.

Στις εταιρίες παραγωγής προϊόντων, το βιομηχανικό σχέδιο παίζει καθοριστικό ρόλο στην διαμόρφωση της εταιρικής ταυτότητας. Οι βιομηχανικοί σχεδιαστές καθορίζουν το στυλ ενός προϊόντος το οποίο είναι απόλυτα συνδυασμένο με την δημόσια αντίληψη της εταιρίας. Όταν τα προϊόντα μιας εταιρίας διατηρούν ένα συνεπές και αναγνωρίσιμο στυλ τότε καθιερώνεται η οπτική τους ιδιαιτερότητα. Μια συνεπής αίσθηση και εμφάνιση μπορεί να σχετίζονται με το χρώμα, το στυλ ή με τα χαρακτηριστικά ενός προϊόντος. Όταν μια εταιρία έχει αποκτήσει θετική φήμη, τότε η οπτική ιδιαιτερότητα είναι πολύτιμη, δεδομένου ότι μπορεί να δημιουργήσει θετική άποψη στους καταναλωτές γύρω από την ποιότητα μελλοντικών προϊόντων της εταιρίας. Μερικές επιχειρήσεις που έχουν χρησιμοποιήσει αποτελεσματικά το βιομηχανικό σχέδιο για να καθιερώσουν την

οπτική ιδιαιτερότητα και την εταιρική ταυτότητα μέσω της σειράς των προϊόντων τους είναι οι:

- **Apple computer, Inc.:** το αρχικό Macintosh είχε ένα μικρό, σε όρθια μορφή σχήμα και έναν στιλβωμένο χρωματισμό. Αυτό το σχέδιο έδωσε εσκεμμένα στο προϊόν μία φιλική προς το χρήστη εμφάνιση που έχει συνδεθεί από τότε με όλα τα προϊόντα της Apple.
- **Motorola, Inc.:** το αρχικό Micro TAC Flip σχέδιο τηλεφώνου είναι αναγνωρίσιμο ως καινοτομία της Motorola. Το νεώτερο StarTAC μοντέλο χρησιμοποιεί επίσης ένα σχέδιο που δίνει έμφαση στην πρωτοπορία της Motorola στην γρήγορα εξελισσόμενη βιομηχανία κινητών τηλεφώνων.
- **Braun AG:** οι συσκευές κουζινών και οι ξυριστικές μηχανές Braun έχουν καθαρές γραμμές και βασικά χρώματα. Το όνομα Braun έχει συνδεθεί με την απλότητα και την ποιότητα.
- **Rolex watch, Co:** η γραμμή των ρολογιών Rolex διατηρεί ένα κλασικό look που δηλώνει την ποιότητα και το γόητρο της εταιρίας.

1.9 Ποιότητα βιομηχανικού σχεδίου

Ο Dreyfuss (1967) καταγράφει 5 κρίσιμους στόχους με τους οποίους οι βιομηχανικοί σχεδιαστές μπορούν να βοηθήσουν μία ομάδα ανάπτυξης προϊόντων για να πετύχει τον στόχο της όταν σχεδιάζει νέα προϊόντα:

1. Χρησιμότητα: η επιφάνεια του προϊόντος πρέπει να είναι ασφαλής και χρήσιμη. Κάθε χαρακτηριστικό γνώρισμα του προϊόντος πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε να μεταδίδει την λειτουργικότητα του στον χρήστη.
2. Εμφάνιση: μορφή, γραμμές, αναλογία και χρώμα χρησιμοποιούνται έτσι ώστε να αναβαθμίσουν το προϊόν σε ένα ευχάριστο σύνολο.
3. Ευκολία συντήρησης: τα προϊόντα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να συντηρούνται και να επισκευάζονται εύκολα.

4. Χαμηλό κόστος: η μορφή και τα χαρακτηριστικά ενός προϊόντος έχουν μεγάλο αντίκτυπο στη σχεδίαση και το κόστος παραγωγής και αυτό πρέπει να ληφθεί υπόψη από την ομάδα σχεδίασης.
5. Επικοινωνία: τα σχέδια των προϊόντων, μέσω των οπτικών ιδιοτήτων τους, πρέπει να αντανakλούν την εταιρική φιλοσοφία και αποστολή της επιχείρησης.

Η αξιολόγηση της ποιότητας του βιομηχανικού σχεδίου για ένα ολοκληρωμένο προϊόν είναι υποκειμενική. Εντούτοις, μπορούμε ποιοτικά να καθορίσουμε εάν το βιομηχανικό σχέδιο έχει εκπληρώσει τους στόχους του με την εξέταση κάθε πτυχής του προϊόντος που επηρεάζεται από το βιομηχανικό σχέδιο. Χρησιμοποιώντας τους πέντε κρίσιμους στόχους που θέτει ο Dreyfuss για το βιομηχανικό σχέδιο μπορούμε να αναπτύξουμε μια σειρά ερωτήσεων αναφορικά με κάθε διάσταση για να διαπιστώσουμε κατά πόσο το βιομηχανικό σχέδιο πληρεί αυτούς τους στόχους.

1) Ποιότητα αλληλεπίδρασης με τον χρήστη

Πρόκειται για μια εκτίμηση της ευκολίας χρήσης του προϊόντος. Η ποιότητα αλληλεπίδρασης σχετίζεται με την εμφάνιση του προϊόντος, την αίσθηση του και τους μηχανισμούς αλληλεπίδρασης με τον χρήστη.

- Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του προϊόντος μεταδίδουν αποτελεσματικά τη λειτουργία τους στο χρήστη;
- Είναι η χρήση του προϊόντος κατανοητή;
- Είναι όλα τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα ασφαλή;
- Έχουν προσδιοριστεί όλοι οι πιθανοί χρήστες του προϊόντος;
- Έχουν προσδιοριστεί όλες οι πιθανές χρήσεις του προϊόντος;

2) Συναισθηματική έλξη

Πρόκειται για μια εκτίμηση της γενικής καταναλωτικής έλξης που προκαλεί το προϊόν στους αγοραστές. Η έλξη επιτυγχάνεται εν μέρει μέσω της εμφάνισης, της αίσθησης ή και του ήχου του προϊόντος.

- Είναι το προϊόν ελκυστικό; Είναι συναρπαστικό;
- Το προϊόν εκφράζει ποιότητα;
- Τι εικόνες και σκέψεις δημιουργεί όταν γίνεται αντιληπτό;
- Το προϊόν εμπνέει την υπερηφάνεια της ιδιοκτησίας;
- Το προϊόν προκαλεί συναισθήματα υπερηφάνειας μεταξύ της ομάδας ανάπτυξης και του προσωπικού πωλήσεων;

3) Δυνατότητα συντήρησης και επισκευής

Πρόκειται για μια εκτίμηση της ευκολίας συντήρησης και επισκευής των προϊόντων. Η συντήρηση και η επισκευή πρέπει να εξεταστούν μαζί με τις άλλες αλληλεπιδράσεις του προϊόντος με τους χρήστες.

- Γίνεται εύκολα αντιληπτό πότε το προϊόν χρειάζεται συντήρηση;
- Είναι εύκολη η συντήρησή του;
- Τα χαρακτηριστικά του προϊόντος μεταδίδουν αποτελεσματικά τις διαδικασίες συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης του;

4) Σωστή χρησιμοποίηση πόρων

Πρόκειται για μια εκτίμηση για το πόσο καλά χρησιμοποιήθηκαν οι πόροι προκειμένου να ικανοποιηθούν οι ανάγκες των πελατών. Οι πόροι αναφέρονται χαρακτηριστικά στις δαπάνες χρημάτων για το βιομηχανικό σχέδιο και άλλες λειτουργίες. Αυτές οι δαπάνες τείνουν να φθάσουν τις δαπάνες της κατασκευής. Ένα κακώς σχεδιασμένο προϊόν, ένα προϊόν με περιττά χαρακτηριστικά γνωρίσματα ή ένα προϊόν κατασκευασμένο από ασυνήθιστο υλικό έχει επιπτώσεις στη σχεδίαση και τις διαδικασίες κατασκευής. Αυτή η κατηγορία ρωτά ουσιαστικά αν οι επενδύσεις ήταν σωστές.

- Πόσο καλά χρησιμοποιήθηκαν οι πόροι για να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις των πελατών;
- Είναι σωστή η επιλογή των υλικών (από άποψη κόστους και ποιότητας);

- Έχει το προϊόν περιττά ή ελλιπή χαρακτηριστικά;
- Κατά την κατασκευή του προϊόντος, λήφθηκαν υπόψη οικονομικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες;

5) Διαφοροποίηση

Πρόκειται για μια εκτίμηση της μοναδικότητας και της συνέπειας ενός προϊόντος με την εταιρική ταυτότητα. Αυτή η διαφοροποίηση προκύπτει κυρίως από την εμφάνιση του.

- Ένας πελάτης που βλέπει το προϊόν σε ένα κατάστημα είναι σε θέση να το διαχωρίσει από τα υπόλοιπα λόγω της εμφάνισής του;
- Θα το θυμηθεί ένας καταναλωτής που το έχει δει σε μια διαφήμιση;
- Θα αναγνωρισθεί όταν εντοπίζεται σε ένα δημόσιο χώρο;
- Το προϊόν ενισχύει την εταιρική ταυτότητα;

1.9 Προστασία βιομηχανικών σχεδίων

Το βιομηχανικό σχέδιο βοηθά ένα προϊόν να γίνει πιο ελκυστικό και ως εκ τούτου, αυξάνει την εμπορική του αξία. Η προστασία των βιομηχανικών σχεδίων βοηθά στο να εξασφαλιστεί ότι η επένδυση στο βιομηχανικό σχέδιο θα αποφέρει κάποιο όφελος. Ένα αποτελεσματικό σύστημα προστασίας ωφελεί επίσης τους καταναλωτές και το κοινό σε μεγάλο βαθμό με την προώθηση του θεμιτού ανταγωνισμού και των τίμιων εμπορικών πρακτικών.

Η προστασία των βιομηχανικών σχεδίων βοηθά την οικονομική ανάπτυξη, με την ενθάρρυνση της δημιουργικότητας στους βιομηχανικούς και κατασκευαστικούς τομείς και συμβάλλει στην επέκταση των εμπορικών δραστηριοτήτων και την εξαγωγή των εθνικών προϊόντων.

1.9.1 Πως μπορούν να προστατευθούν τα βιομηχανικά σχέδια;

Στις περισσότερες χώρες, ένα βιομηχανικό σχέδιο πρέπει να καταχωρηθεί προκειμένου να προστατευθεί βάσει του νόμου περί προστασίας βιομηχανικών σχεδίων. Κατά κανόνα, για να μπορεί να καταχωρηθεί, πρέπει να είναι "νέο" ή "πρωτότυπο". Κάθε χώρα δίνει διαφορετικούς ορισμούς σε αυτές τις έννοιες καθώς επίσης και διαφορετικές παραλλαγές στην ίδια τη διαδικασία καταχώρησης. Γενικά, "νέο" σημαίνει ότι κανένα ίδιο ή παρόμοιο σχέδιο δεν έχει υπάρξει στο παρελθόν. Μόλις καταχωρηθεί ένα σχέδιο, οι όροι προστασίας ισχύουν για 5 έτη, με τη δυνατότητα περαιτέρω ανανέωσης μέχρι, στις περισσότερες περιπτώσεις τα 15 έτη.

Ανάλογα με κάθε ιδιαίτερη εθνική νομοθεσία και το είδος του σχεδίου, ένα βιομηχανικό σχέδιο μπορεί επίσης να προστατευθεί ως έργο τέχνης βάσει του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων. Σε μερικές χώρες, η προστασία βιομηχανικού σχεδίου και πνευματικών δικαιωμάτων μπορεί να υπάρξει ταυτόχρονα. Σε άλλες χώρες όμως μόλις ο ιδιοκτήτης επιλέξει ένα είδος προστασίας, δεν μπορεί πλέον να επικαλεσθεί άλλου είδους προστασία.

Υπό ορισμένες συνθήκες ένα βιομηχανικό σχέδιο μπορεί επίσης να προστατευθεί βάσει του νόμου περί αθέμιτου ανταγωνισμού, αν και οι όροι της προστασίας και των δικαιωμάτων που εξασφαλίζονται με αυτόν τον τρόπο μπορεί να είναι σημαντικά διαφορετικοί.

1.9.2 Βιομηχανικά σχέδια που δεν μπορούν να προστατευθούν

Τα σχέδια που αποκλείονται από προστασία πνευματικών δικαιωμάτων είναι κυρίως:

- Σχέδια που δεν καλύπτουν τις απαιτήσεις καινοτομίας, πρωτοτυπίας ή / και του μοναδικού χαρακτήρα.
- Σχέδια που θεωρείται ότι υπαγορεύονται αποκλειστικά από τεχνικές λειτουργίες ενός προϊόντος. Τέτοια τεχνικά ή λειτουργικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού

μπορούν να προστατευθούν, ανάλογα με την κάθε περίπτωση, από άλλα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας (π.χ.: διπλώματα ευρεσιτεχνίας, πρότυπα χρήσης κ.α).

- Σχέδια που έχουν ενσωματωμένα επίσημα σύμβολα ή εμβλήματα (όπως η εθνική σημαία).
- Σχέδια που θεωρούνται αντίθετα προς τη δημόσια τάξη ή την ηθική.

Κεφάλαιο 2

Συστήματα CAID

2.1 Εισαγωγή

Αρκετά χρόνια πριν αρχίσουν οι βιομηχανικοί σχεδιαστές να χρησιμοποιούν συστήματα βιομηχανικού σχεδιασμού με χρήση Η/Υ (CAID), τα εργαλεία τους ήταν μολύβια και μαρκαδόροι. Ενώ αυτά τα εργαλεία ήταν χρήσιμα, περιόριζαν την διεπαφή του σχεδιαστή τόσο με τον πελάτη όσο και με τον κατασκευαστή του προϊόντος.

Η διαδικασία σχεδίασης προϊόντων παραδοσιακά περιελάμβανε διαδοχικά χρονοβόρα στάδια, χειρόγραφα σκίτσα και σχέδια, λεπτομερή σχέδια διατομών από διάφορες όψεις, παραγωγή προτύπων από άργιλο, αφρό ή άλλα υλικά, τον καθορισμό του προτύπου και τελικά τη σύνταξη του σχεδίου ώστε να μεταδοθεί προς τα επόμενα στάδια της διαδικασίας ανάπτυξης προϊόντων. Σε κάθε στάδιο της διαδικασίας σχεδίασης, οι καλύτερες εναλλακτικές λύσεις επιλέγονται από όλα τα πιθανά σχέδια που ο χρόνος επιτρέπει να δημιουργηθούν. Αλλαγές μπορούν να απαιτηθούν ως αποτέλεσμα της επακόλουθης ανάλυσης, με αποτέλεσμα η διαδικασία σχεδίασης να είναι μια σειρά βρόγχων, με συνεχείς διορθώσεις στο πέρασμα του χρόνου. Αποφάσεις που λαμβάνονται στα τελευταία στάδια της διαδικασίας ενδέχεται να επηρεάσουν αποφάσεις που λήφθηκαν σε ένα αρχικό στάδιο και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές και δαπανηρές καθυστερήσεις και σε πολλές επαναλήψεις.

Στη δεκαετία του '90, τα συστήματα βιομηχανικού σχεδιασμού με τη βοήθεια υπολογιστή (CAID – Computer Aided Industrial Design) άρχισαν να ασκούν σημαντική επίδραση στους βιομηχανικούς σχεδιαστές και την εργασία τους αλλάζοντας τις παραδοσιακές προσεγγίσεις του βιομηχανικού σχεδιασμού με αρκετά σημαντικούς τρόπους.

2.2 Τι είναι τα συστήματα CAID και ποια είναι η χρήση τους;

Ο όρος CAID (Computer Aided Industrial Design) δημιουργήθηκε για να υπογραμμίσει τις εξειδικευμένες απαιτήσεις των βιομηχανικών σχεδιαστών. Ενώ τα περισσότερα συστήματα CAD στρέφονται στις αναλυτικές απαιτήσεις των μηχανικών, τα συστήματα CAID παρέχουν τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα για να υποστηρίξουν τις προηγούμενες φάσεις της διαδικασίας σχεδίασης ενός προϊόντος και που αφορούν κυρίως τους βιομηχανικούς σχεδιαστές. Τα βασικά ζητήματα που απασχολούν τα συστήματα CAID είναι η ευκολία χρήσης (οι βιομηχανικοί σχεδιαστές δεν έχουν την κατάρτιση ή την ιδιοσυγκρασία των μηχανικών), η υποστήριξη σκιαγράφησης και σχεδίασης ελεύθερης μορφής, η πρόσβαση στις καλύτερες δυνατές φωτορεαλιστικές απεικονίσεις και κινήσεις και η δημιουργία δεδομένων τα οποία να έχουν την απαιτούμενη ακρίβεια και συμβατότητα με τις απαιτήσεις των μηχανικών έτσι ώστε να είναι δυνατή η επικοινωνία με τις υπόλοιπες ομάδες ανάπτυξης προϊόντων.

Χρησιμοποιώντας συστήματα CAID οι βιομηχανικοί σχεδιαστές μπορούν να παράγουν, να τροποποιήσουν και να επιδείξουν γρήγορα τρισδιάστατα (3D) σχέδια υψηλής ευκρίνειας μέσω της χρήσης καμπυλών και επιφανειών. Ένα 3D μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή μιας σειράς ρεαλιστικών αποδόσεων των αντικειμένων εν κινήσει, για την διαμόρφωση πρωτοτύπων και παράλληλα επιτρέπει σε άλλα μέλη της σχεδιαστικής ομάδας ταυτόχρονη πρόσβαση στα 3D δεδομένα. Με αυτόν τον τρόπο το βιομηχανικό σχέδιο μπορεί ενδεχομένως να παράγει έναν μεγαλύτερο αριθμό λεπτομερών σχεδίων γρηγορότερα, τα οποία μπορούν να οδηγήσουν σε πιο καινοτόμες σχεδιαστικές λύσεις. Η ευελιξία με την οποία γίνονται τροποποιήσεις σε ένα υπάρχον σχέδιο επιτρέπει στο σχεδιαστή να διερευνήσει ένα ευρύτερο φάσμα δυνατοτήτων, το οποίο οδηγεί στη συνέχεια σε ένα καλύτερο τελικό σχέδιο.

Με την ανάπτυξη των συστημάτων CAID, οι βιομηχανικοί σχεδιαστές είναι σε θέση να συλλάβουν το όραμα του σχεδίου τους μαζί με τις απαραίτητες πληροφορίες για το μηχανολογικό και κατασκευαστικό τμήμα χωρίς να θυσιάζουν τη δημιουργικότητά τους. Οι βιομηχανικοί σχεδιαστές είναι τώρα ικανοί να ελέγξουν λεπτομέρειες σχετικές με τα

προσχέδια, τα υλικά κατασκευής και τις τεχνικές συναρμολόγησης που ήταν αυστηρά ευθύνη των μηχανικών. Αυτό όχι μόνο έχει βοηθήσει στην επιτάχυνση της διαδικασίας ανάπτυξης προϊόντων αλλά επιτρέπει στους βιομηχανικούς σχεδιαστές να επικοινωνήσουν αποτελεσματικότερα με τους μηχανικούς και να διασφαλίσουν ότι οι λεπτομέρειες των σχεδίων δεν θα αγνοούνται ή παρερμηνεύονται.

Ο οπτικός ρεαλισμός αυτών των συστημάτων μπορεί να ενισχύσει την επικοινωνία μέσα στην ομάδα ανάπτυξης προϊόντων και να αποβάλλει ένα μεγάλο μέρος της ανακρίβειας των σκίτσων που παράγονταν με το χέρι από τους βιομηχανικούς σχεδιαστές. Επιπλέον, τα συστήματα CAID μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παράγουν σχέδια ελέγχου, τα οποία στη συνέχεια μπορούν να εξελιχθούν σε μηχανολογικά σχέδια, επιτρέποντας σε ολόκληρη την ομάδα ανάπτυξης του προϊόντος να μπορεί να συντονιστεί και να συνεργαστεί πιο εύκολα. Παράλληλα, οι μηχανικοί βελτιώνουν τη δυνατότητα της ομάδας να αναγνωρίζει από νωρίς τα προβλήματα που προκύπτουν και να πραγματοποιήσει τις απαραίτητες αλλαγές έγκαιρα ώστε να επιτευχθεί ένα καλύτερο τελικό αποτέλεσμα.

Ως τμήμα μιας γενικής στρατηγικής σχεδίασης και κατασκευής, τα συστήματα CAID αλλάζουν και βελτιώνουν την επικοινωνία με την διοίκηση της εταιρίας, παρέχοντας τη δυνατότητα δημιουργίας ρεαλιστικών αποδόσεων πρωτοτύπων γρηγορότερα απ' ό,τι θα μπορούσαν να παραχθούν με τις παραδοσιακές μεθόδους. Όσον αφορά τις εταιρίες, τα οφέλη της χρήσης συστημάτων CAID συμπεριλαμβάνουν την γρηγορότερη παράδοση προϊόντων στην αγορά, την βελτιωμένη ποιότητα και τη βελτιωμένη παραγωγικότητα των σχεδιαστικών ομάδων.

2.3 Ποιες απαιτήσεις πρέπει να πληρούν τα συστήματα CAID;

Τα συστήματα CAID πρέπει να ενισχύουν τη δημιουργικότητα του βιομηχανικού σχεδιαστή. Για να το κάνουν αυτό πρέπει να πληρούν ορισμένες προϋποθέσεις, οι κυριότερες από τις οποίες είναι:

- Να είναι εύκολα στη χρήση και στην εκμάθηση. Οι περισσότεροι σχεδιαστές δεν ασχολούνται αποκλειστικά με ένα σύστημα αλλά με περισσότερα. Έτσι το interface του προγράμματος πρέπει να είναι απλό και κατανοητό. Ταυτόχρονα πρέπει να είναι αποδοτικοί στην εργασία τους τόσο σε σχέση με το χρόνο χρήσης του συστήματος όσο και με τη συχνότητα με την οποία το χρησιμοποιούν. Επομένως το πρόγραμμα πρέπει να ενισχύει την αποδοτικότητα του χρήστη.
- Πρέπει να παρέχουν τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των υπαρκτών σχεδίων. Αυτή τη δυνατότητα πρέπει να την παρέχουν τόσο για σχέδια που έχουν δημιουργηθεί από το ίδιο σύστημα όσο και για σχέδια που έχουν δημιουργηθεί από διαφορετικά συστήματα.
- Πρέπει να έχουν ενσωματωμένα εργαλεία σχεδίασης 2 διαστάσεων (2D) καθώς και εργαλεία διάταξης. Τα αρχικά σχέδια του προϊόντος είναι σε μορφή σκίτσων 2 διαστάσεων. Τα συστήματα CAID πρέπει να επιτρέπουν την εύκολη δημιουργία αυτών των σκίτσων και να παρέχουν εύκολους τρόπους μετάβασης από το σκίτσο στο ακριβές σχέδιο.
- Πρέπει να διαθέτει σύστημα τρισδιάστατης μοντελοποίησης που να είναι απλό αλλά ταυτόχρονα και ακριβές. Πρέπει να διαθέτουν εργαλεία δημιουργίας και επεξεργασίας καμπυλών και επιφανειών.
- Πρέπει να παρέχει τη δυνατότητα φωτορεαλιστικής απεικόνισης του σχεδίου σε 3D μορφή. Να απεικονίζονται όσο το δυνατόν περισσότερες λεπτομέρειες του σχεδίου στο φυσικό (αν γίνεται) περιβάλλον λειτουργίας του προϊόντος και να παρέχει εργαλεία φωτισμού, σκίασης (shading) και επιλογής υφής (texturing) μιας επιφάνειας.
- Πρέπει να παρέχουν τη δυνατότητα κινηματικής ανάλυσης 2 και 3 διαστάσεων. Για την πλειοψηφία των προϊόντων απαιτείται κινηματική ανάλυση πριν την έναρξη της λεπτομερούς μοντελοποίησης κάτι που είναι απαραίτητο τόσο για τις 2 διαστάσεων γεωμετρίες, που απαντώνται κυρίως στα πρώτα στάδια της μελέτης, όσο και για τις 3 διαστάσεων που συναντάμε στην τελική συναρμολόγηση ή στο ψηφιακό πρωτότυπο. Είναι απαραίτητο να

ορίζει τις ιδιότητες των συνδέσμων και των κινήσεων που εκτελούν έτσι ώστε να μπορεί να μελετηθεί το εύρος των κινήσεων.

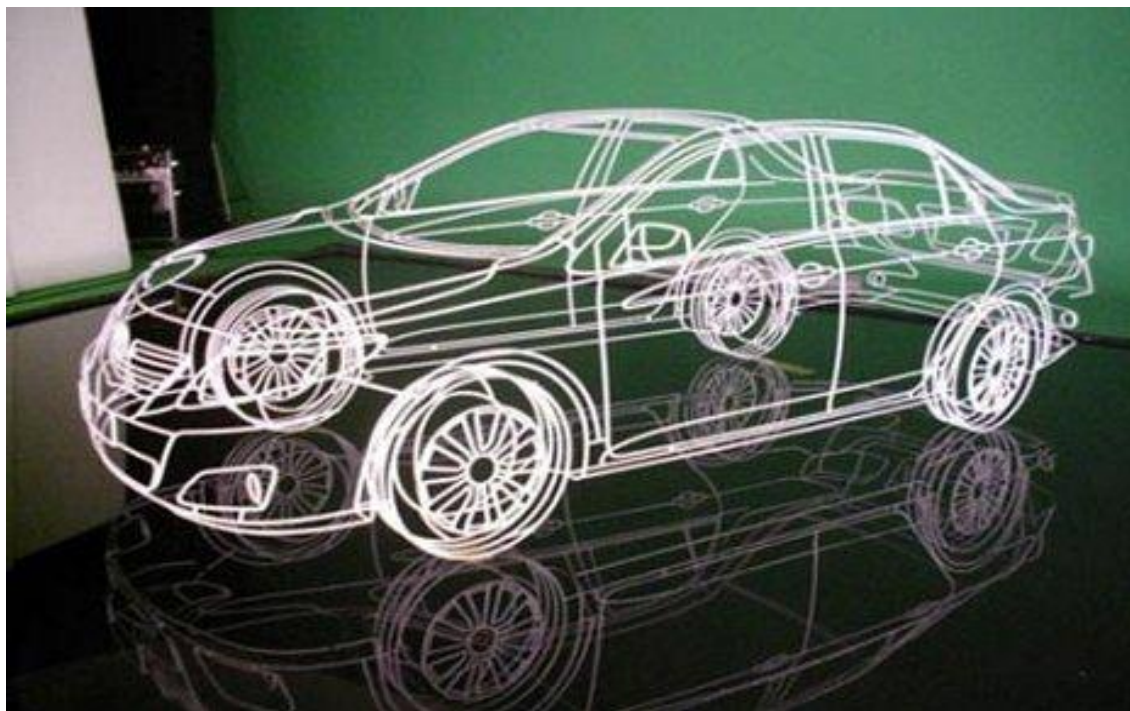
- Πρέπει να υπάρχει επικοινωνία με συστήματα CAD. Τα δεδομένα που δημιουργούνται στα στάδια της σχεδίασης του προϊόντος πρέπει να μεταφέρονται με ακρίβεια στα συστήματα CAD όπου πραγματοποιείται η μηχανολογική μοντελοποίηση έτσι ώστε να μην απαιτούνται τροποποιήσεις στα δεδομένα και να μην χρειάζεται επανασχεδίαση της γεωμετρίας του προϊόντος που έχει οριστεί από τα συστήματα CAID.

2.4 Τύποι μοντέλων συστημάτων CAID

Όλα τα συστήματα, παλιά και σύγχρονα, λειτουργούν με έναν ή περισσότερους από τους παρακάτω τύπους μοντέλων.

2.4.1 Μοντέλα ακμών (Wire-frame models)

Τα συστήματα που δημιουργούν μοντέλα ακμών (ή σύρματος) ήταν τα πρώτα τρισδιάστατα συστήματα σχεδίασης και παρέχουν τον απλούστερο τρόπο να δημιουργηθεί ένα 3D μοντέλο σε υπολογιστή. Το μοντέλο αποτελείται μόνο από κορυφές και ακμές. Οι κορυφές είναι σημεία στο χώρο και οι ακμές είναι ευθύγραμμα τμήματα, κύκλοι, τόξα και σύνθετες καμπύλες ελεύθερης μορφής. Κατά την κατασκευή ενός μοντέλου ακμών, οι ακμές των αντικειμένων παρουσιάζονται ως γραμμές.



Εικόνα 2: Μοντέλο ακμών

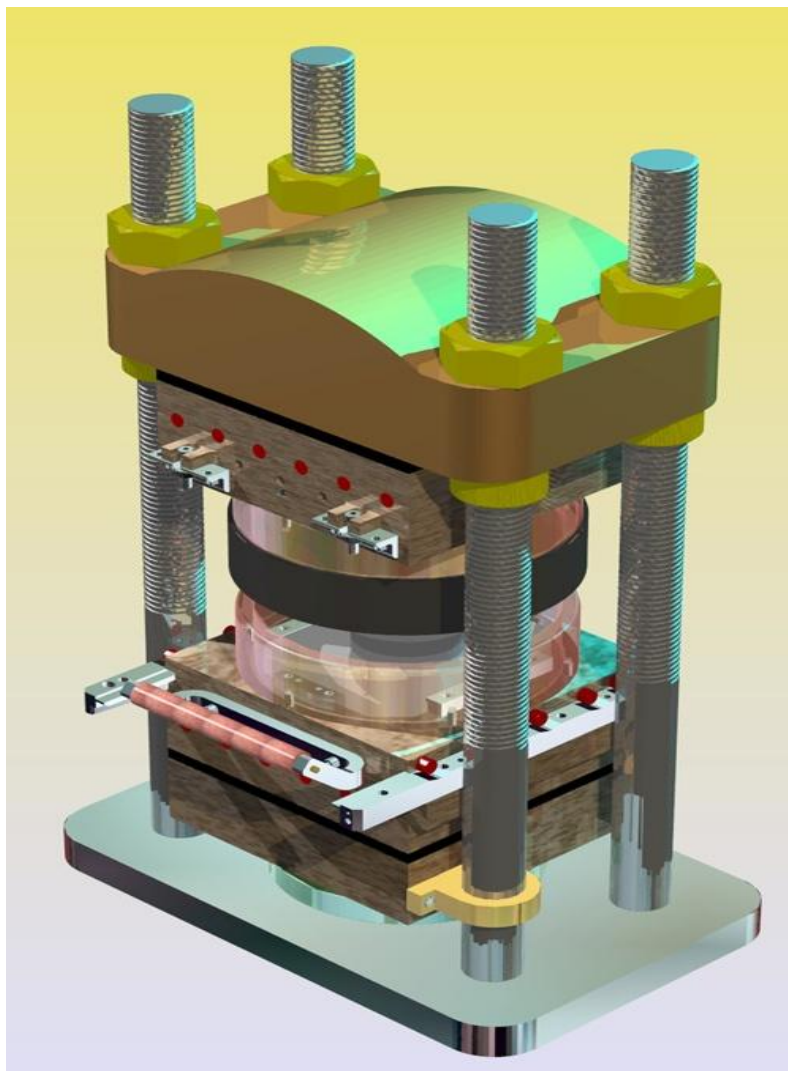
Υπάρχουν περιορισμοί στα συστήματα που χρησιμοποιούν μοντέλα ακμών για να διαμορφώσουν μια εικόνα. Αυτοί οι περιορισμοί αφορούν κυρίως την περίπτωση των 3D αντικειμένων επειδή όλες οι γραμμές που καθορίζουν τις ακμές του μοντέλου εμφανίζονται στην εικόνα. Οι γραμμές που απεικονίζουν τις ακμές στο πίσω τμήμα του μοντέλου εμφανίζονται απευθείας πάνω από τις μπροστινές ακμές. Αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα να μπερδευτεί ο θεατής και έτσι η εικόνα να αποκτήσει διαφορετικές ερμηνείες ανάλογα με την οπτική γωνία του θεατή.

Υπάρχουν επίσης περιορισμοί σχετικά με τον τρόπο που τα διάφορα συστήματα CAD καθορίζουν τα μοντέλα ακμών στις βάσεις δεδομένων τους. Παραδείγματος χάριν, μπορεί να υπάρξει ασάφεια στην περίπτωση ορισμού μιας επιφάνειας ως προς τα ποια πλευρά της επιφάνειας θα καθορίζει τα όρια του στερεού μέρους ενός αντικειμένου. Αυτός ο τύπος περιορισμού αποτρέπει τα συστήματα CAD από την επίτευξη ενός περιεκτικού και σαφούς καθορισμού του αντικειμένου.

2.4.2 Μοντέλα στερεών (Solid models)

Μια εξέλιξη των μοντέλων ακμών, τόσο από άποψη ρεαλισμού ως προς το χρήστη όσο και από άποψη ορισμού από τον υπολογιστή, είναι τα μοντέλα στερεών. Τα συστήματα που δημιουργούν αυτά τα μοντέλα χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα σε μηχανολογικές εφαρμογές και είναι απαραίτητα για τη μελέτη συναρμολογήσεων. Ένα στερεό μοντέλο μπορεί να οριστεί ως μια γεωμετρική αναπαράσταση ενός οριοθετημένου όγκου. Σε ένα στερεό μοντέλο έχουμε ταξινόμηση χώρου. Σε αντίθεση με τα μοντέλα επιφανειών που αναγνωρίζουν τον φλοιό μιας επιφάνειας του αντικειμένου, στα στερεά μοντέλα ένα σημείο μπορεί να ανήκει μέσα, έξω ή πάνω στο στερεό. Η αναπαράσταση του αντικειμένου γίνεται με καταχώρηση στοιχείων γεωμετρίας, δηλαδή σημείων, καμπυλών και επιφανειών και στοιχείων τοπολογίας που ορίζονται από τα στοιχεία γεωμετρίας και είναι κορυφές, ακμές, έδρες και στερεά που αποτελούν το μοντέλο.

Σε αυτή την προσέγγιση, τα πρότυπα επιδεικνύονται ως στερεά αντικείμενα στο θεατή με μικρό κίνδυνο παρερμηνείας. Αντίθετα από τα μοντέλα ακμών, οι σχεδιαστές μπορούν πραγματικά να μεταχειριστούν τα στερεά μοντέλα με τον ίδιο τρόπο που μεταχειρίζονται τα μοντέλα από πηλό ή αφρό. Μπορούν να κόψουν, να κάμψουν, να δημιουργήσουν οπές ή να εκτελέσουν οποιοδήποτε άλλο χειρισμό στο μοντέλο στην οθόνη. Αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα των συστημάτων που χρησιμοποιούν στερεά μοντέλα διαμόρφωσης επιτρέπει στους βιομηχανικούς σχεδιαστές να δημιουργήσουν εύκολα ένα πλήρες μοντέλο με πάχος στα τοιχώματα του αντικειμένου όποτε είναι αναγκαίο. Αυτή η διαδικασία θα ήταν πολύ κουραστική και χρονοβόρα με χρήση συστημάτων μοντέλων ακμών καθώς οι σχεδιαστές θα έπρεπε να δημιουργήσουν κάθε λεπτομέρεια με το χέρι.

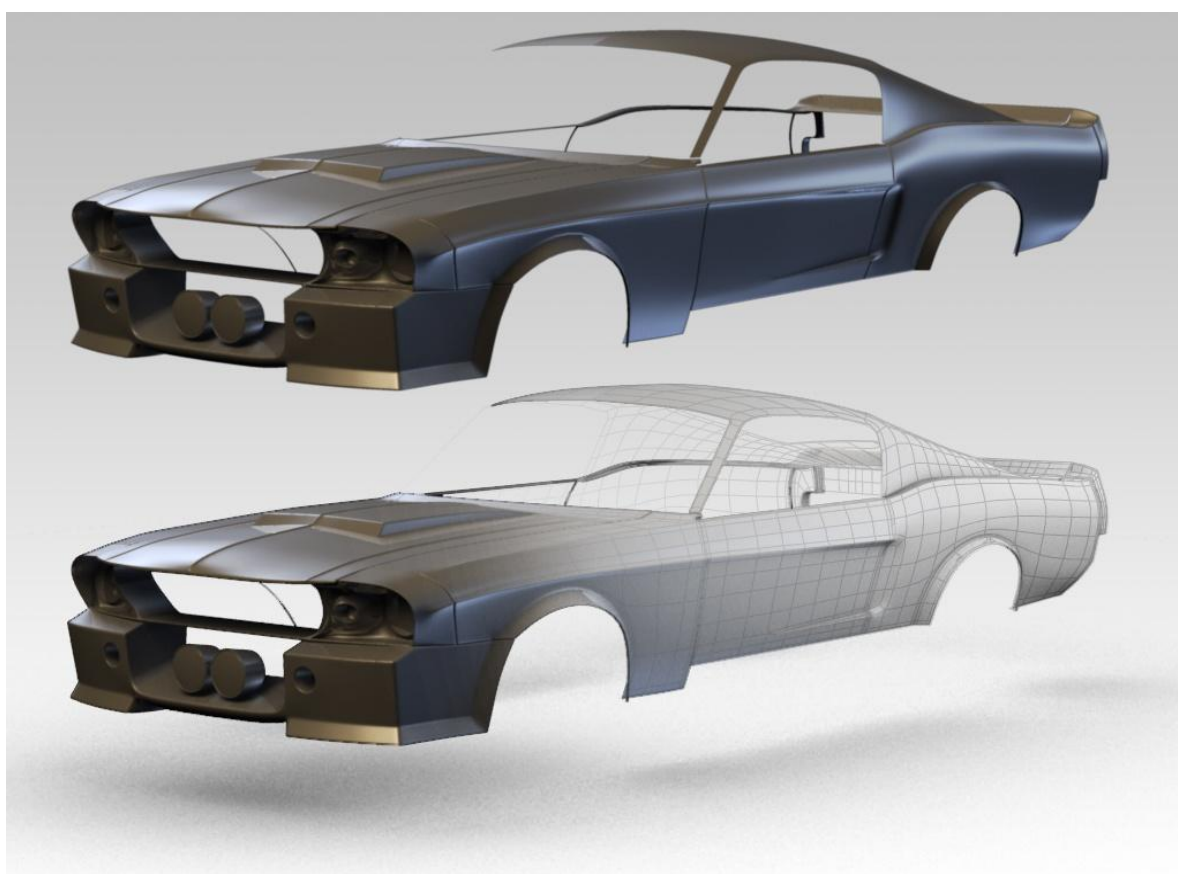


Εικόνα 3: Στερεό μοντέλο πρέσας

Επιπλέον, δεδομένου ότι τα στερεά μοντέλα περιέχουν και πληροφορίες για τα υλικά, είναι εύκολο να ελεγχθούν όλα τα είδη ιδιοτήτων των υλικών όπως ο όγκος, το κέντρο βάρους, η πυκνότητα κ.λπ. Αυτά τα χαρακτηριστικά των συστημάτων που βασίζονται στα στερεά μοντέλα επιτρέπουν στους προμηθευτές να αναπτύξουν πιο περίπλοκες και αυτοματοποιημένες εφαρμογές που κάνουν τη μετάβαση στοιχείων από τους σχεδιαστές στους μηχανικούς αποτελεσματικότερη.

2.4.3 Μοντέλα επιφανειών (Surface models)

Τα συστήματα μοντελοποίησης με χρήση επιφανειών χρησιμοποιούνται ευρέως στις αυτοκινητοβιομηχανίες καθώς και σε αεροδιαστημικές βιομηχανίες. Με αυτά τα μοντέλα, μοντελοποιείται ο φλοιός που περιβάλλει ένα αντικείμενο και αποδίδεται η εξωτερική του μορφή. Είναι η βάση για τα συστήματα βιομηχανικού σχεδιασμού (CAID). Η αναπαράσταση του αντικειμένου γίνεται με χρήση σημείων, καμπυλών και επιφανειών. Τα συστήματα μοντελοποίησης με χρήση επιφανειών έχουν τη δυνατότητα αναπαράστασης σχεδόν κάθε αντικειμένου με πολύ μεγάλη ακρίβεια.



Εικόνα 4: Μοντέλο επιφανειών

Μια σημαντική διαφορά μεταξύ των συστημάτων που μοντελοποιούν με στερεά και αυτών που μοντελοποιούν με επιφάνειες είναι η απουσία τοπολογικών πληροφοριών που συνδέουν τις επιφάνειες. Τα συστήματα διαμόρφωσης επιφανειών στερούνται επίσης της ικανότητας περιγραφής του εσωτερικού του μοντέλου. Οι επιφάνειες που παράγονται

από τα συστήματα αυτά έχουν μηδενικό πάχος. Εντούτοις, τα συστήματα μοντελοποίησης με χρήση επιφανειών είναι σε θέση να δημιουργήσουν πολύ σύνθετες επιφάνειες, κάτι στο οποίο τα συστήματα μοντελοποίησης στερεών έχουν πρόβλημα.

Αντίθετα από τα στερεά μοντέλα, όπου μια διαφορούμενη περιγραφή της γεωμετρίας δεν επιτρέπεται, η ασαφής γεωμετρία δεν επηρεάζει τη διαμόρφωση μιας επιφάνειας. Μεμονωμένες επιφάνειες συνενώνονται για να διαμορφώσουν τις επιθυμητές μορφές. Αν και ολόκληρες επιφάνειες μπορούν να εμφανιστούν σωστά στην οθόνη, θα μπορούσε να εμφανιστεί κάποιο κενό σε ένα μοντέλο, ειδικά στα σημεία όπου μια επιφάνεια συναντά μια άλλη. Αυτό μπορεί να είναι πρόβλημα εάν το μοντέλο μεταφερθεί σε συστήματα rapid prototyping που απαιτούν κλειστές επιφάνειες.

2.4.4 Παραμετρικά μοντέλα (Parametric models)

Η τεχνική παραμετρικής μοντελοποίησης φέρνει ένα νέο επίπεδο νοημοσύνης στην αυτοματοποιημένη σχεδίαση. Με τις άλλες μεθόδους μοντελοποίησης, μικρές αλλαγές στο σχέδιο σημαίνουν συχνά δημιουργία από την αρχή. Εντούτοις, η παραμετρική μοντελοποίηση επιτρέπει στους σχεδιαστές να ορίσουν "ειδικές" διαστάσεις που ελέγχουν τη γεωμετρία του αντικειμένου την ώρα της διαμόρφωσης. Αυτές οι διαστάσεις μπορεί να είναι σταθερές τιμές, τύποι που παραπέμπουν σε άλλα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του μοντέλου ή μπορεί να παραπέμπουν σε ελεγχόμενες από το σχεδιαστικό τμήμα τιμές. Εάν απαιτείται αλλαγή σχεδίου, οι σχεδιαστές ορίζουν απλά ένα διαφορετικό σύνολο τιμών-διαστάσεων και το μοντέλο ρυθμίζει αυτόματα τη μορφή του.

Το παραμετρικό στοιχείο διευκολύνει τους βιομηχανικούς σχεδιαστές επειδή δεν είναι απαραίτητο να ανησυχούν για την τελική μορφή ενός αντικειμένου όταν ξεκινούν την μοντελοποίηση. Οι βιομηχανικοί σχεδιαστές μπορούν να αρχίσουν με μια πολύ γενική μορφή χωρίς ακριβείς διαστάσεις, κατόπιν να καθαρίσουν τη γεωμετρία σε ένα μεταγενέστερο στάδιο της διαδικασίας σχεδίου με την αλλαγή μιας αριθμητικής αξίας ή μιας γεωμετρικής σχέσης. Αυτό επίσης σημαίνει ότι οι βιομηχανικοί σχεδιαστές θα είναι

σε θέση να αναπτύξουν εύκολα παραλλαγές ενός σχεδίου χωρίς να πρέπει να το μοντελοποιούν κάθε φορά.

Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό γνώρισμα των παραμετρικών συστημάτων είναι οι συσχετισμοί. Δεδομένου ότι οι χρήστες των παραμετρικών συστημάτων ορίζουν όλες τις απαραίτητες διαστάσεις στα μοντέλα, μπορούν αυτόματα να παράγουν πλήρως διαστασιολογημένα 2D σχέδια από τα στερεά μοντέλα οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διάρκεια της διαδικασίας σχεδίασης. Όλα τα σχέδια που σχετίζονται με τα μοντέλα συνδέονται περισσότερο με τα στερεά και όχι με αυτό που αντιγράφεται στο σχέδιο. Έτσι, οποιοσδήποτε τροποποιήσει κάνουν οι σχεδιαστές στο στερεό μοντέλο θα περάσουν αυτόματα στα 2D σχέδια και αντίστροφα κάτι που επιτρέπει στους βιομηχανικούς σχεδιαστές να ξοδέψουν περισσότερο χρόνο στη δημιουργία. Επιπλέον, αυτή η ενιαία βάση δεδομένων εξασφαλίζει ότι όσοι εργάζονται πάνω στο μοντέλο έχουν πρόσβαση στα πιο πρόσφατα δεδομένα αναθεώρησης και ότι τα αποτελέσματα των αλλαγών δεν αγνοούνται. Παρ' όλα αυτά, οι κανόνες του σχεδίου όσον αφορά τη διαστασιολόγηση και τη χρήση συμβόλων δεν είναι δυνατόν να αποδοθούν με αυτοματοποιημένο τρόπο και πολλές φορές η αυτόματη ενημέρωση απενεργοποιείται.

Σήμερα, οι εταιρίες που παράγουν λειτουργικά συστήματα βιομηχανικού σχεδιασμού προσπαθούν να δημιουργήσουν το τέλειο σύστημα CAID, συνδυάζοντας τα μοντέλα επιφανειών και στερεών με παραμετρικά στοιχεία σε ένα ομοιογενές σύστημα.

2.5 Ανάλυση βασικών λειτουργιών σύγχρονων συστημάτων CAID

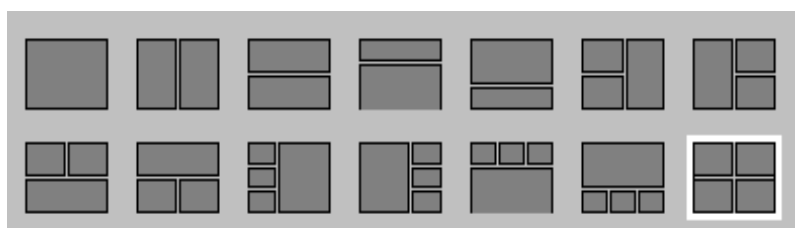
Στο κεφάλαιο αυτό, δεδομένου ότι στο Κεφάλαιο 3 θα περιγράψουμε αναλυτικά ένα σύστημα CAID, θα αναφέρουμε μερικά βασικά χαρακτηριστικά των συστημάτων CAID. Θα ασχοληθούμε με τα Autodesk Alias Studio 2008, Autodesk 3DS Max 9 και Rhinoceros v4.0 (Rhino) τα οποία είναι από τα πλέον διαδεδομένα software στον χώρο των βιομηχανικών σχεδιαστών, δίνοντας μεγαλύτερη έμφαση στο Alias Studio, το σύστημα σχεδίασης του οποίου δεν απαντάται στα άλλα δυο.

Στην αρχή, θα εστιάσουμε στο περιβάλλον διεπαφής (interface) των προγραμμάτων, στο πόσο εύκολη είναι η χρήση και η πρόσβαση στα διαθέσιμα σε κάθε πρόγραμμα εργαλεία και γενικά πόσο φιλικά είναι τα προγράμματα αυτά προς τον χρήστη. Στη συνέχεια, θα αναφερθούμε στα βασικά εργαλεία δημιουργίας και διαμόρφωσης σκίτσων, καμπυλών και επιφανειών που περιέχονται στα προγράμματα. Έπειτα, θα παρουσιάσουμε τις μεθόδους και τα εργαλεία με τα οποία δημιουργούμε renderings.

2.5.1 Περιβάλλον διεπαφής (Interface)

Το interface παίζει ένα πολύ σημαντικό ρόλο στη διαδικασία σχεδίασης καθώς επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ του χρήστη και του προγράμματος. Επομένως, πρέπει να είναι άμεσα τροποποιήσιμο κατά απαίτηση του χρήστη.

Το πρώτο πράγμα που προσέχει ο χρήστης μόλις εισέρχεται στο interface των προγραμμάτων είναι 4 προεπιλεγμένα παράθυρα (default windows) που αντιπροσωπεύουν τις όψεις του μοντέλου οι οποίες είναι οι **Top**, **Front**, **Right** και **Perspective**. Υπάρχουν φυσικά και άλλες διαθέσιμες όψεις όπως **Back**, **Left** κ.τ.λ. Μέσα σε αυτά τα παράθυρα ο χρήστης δημιουργεί και επεξεργάζεται τα μοντέλα του. Το Alias Studio και το 3DS Max διαθέτουν προτεινόμενες διατάξεις παραθύρων (Εικόνα 5) έτσι ώστε να διευκολύνουν το χρήστη στην επιλογή της κατάλληλης για αυτόν διάταξης. Και τα 3 προγράμματα παρέχουν τη δυνατότητα στο χρήστη να καθορίσει ποια από αυτά τα παράθυρα θα είναι ορατά, που θα είναι τοποθετημένα, το μέγεθος τους κ.τ.λ.

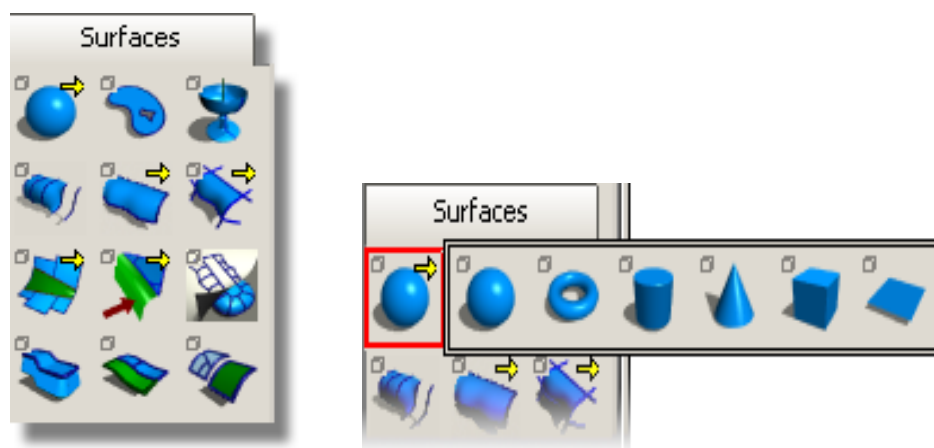


Εικόνα 5: Επιλογές διάταξης παραθύρων στο 3DS Max

Όσον αφορά τα εργαλεία που παρέχουν τα συστήματα, αυτά είναι διαθέσιμα μέσα από τα **Menu bars** κάθε προγράμματος. Εκεί υπάρχουν κατηγοριοποιημένα όλα τα εργαλεία των προγραμμάτων καθώς και λειτουργίες όπως undo (αναίρεση), redo

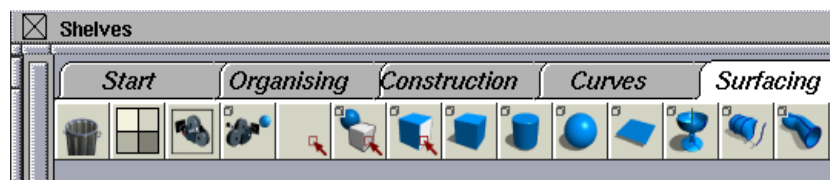
(επανεκτέλεση), delete (διαγραφή) κ.α. Για πιο άμεση πρόσβαση σε αυτά, το Alias Studio διαθέτει το **Palette Window**, το 3DS Max το **Command Panel** και το Rhino τα **Toolbars**.

Το **Palette Window** του Alias Studio αποτελείται από ξεχωριστές παλέτες που περιέχουν εργαλεία κατηγοριοποιημένα με βάση το τι κάνουν και τι είδους αντικείμενα επηρεάζουν. Για παράδειγμα, το **Surfaces palette** (Εικόνα 6) περιέχει εργαλεία για τη δημιουργία νέων επιφανειών. Τα εργαλεία με κίτρινο βελάκι υποδηλώνουν ότι υπάρχουν και άλλα παρόμοια διαθέσιμα εργαλεία κρυμμένα μέσα σε υπο-παλέτες.



Εικόνα 6: Surfaces palette και sub palette στο Alias Studio

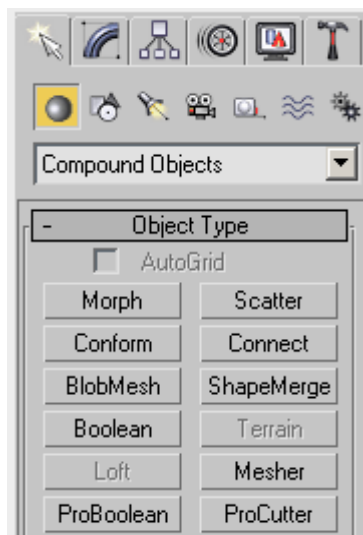
Το Alias Studio διαθέτει επίσης και **shelves** (ράφια) στα οποία ο χρήστης τοποθετεί τα εργαλεία που χρησιμοποιεί πιο συχνά χωρίζοντας τα παράλληλα σε διάφορες κατηγορίες. Στο ίδιο ράφι ο χρήστης μπορεί να τοποθετήσει μια σειρά διαφορετικών εργαλείων ή το ίδιο εργαλείο με διαφορετικές ρυθμίσεις έτσι ώστε ο χρήστης να μη χρειάζεται να αλλάζει τις ρυθμίσεις κάθε φορά που το χρησιμοποιεί.



Εικόνα 7: Shelves στο Alias Studio

Το **Command Panel** του 3DS Max περιλαμβάνει 6 panels τα οποία περιέχουν όλα τα εργαλεία μοντελοποίησης του προγράμματος καθώς και εργαλεία που ορίζουν το πως θα εμφανίζονται τα αντικείμενα στην οθόνη, λειτουργίες animation κ.α. Ο χρήστης μέσα

από μια σειρά panels και sub-panels οδηγείται σε μια λίστα (rollout list) μέσα από την οποία επιλέγει τη συγκεκριμένη λειτουργία που θέλει να εκτελέσει και έπειτα τον τύπο της.



Εικόνα 8: Command panel στο 3DS Max

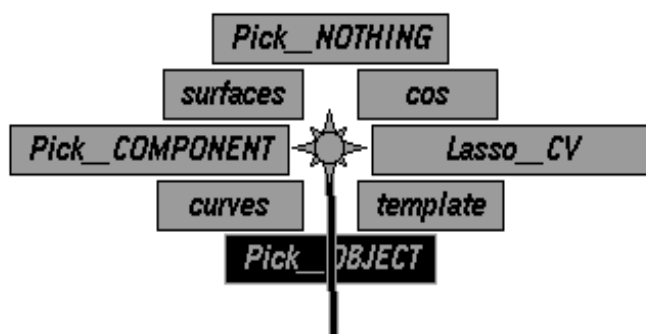
Το Rhino διαθέτει 3 main **Toolbars** (Εικόνα 9) στα οποία βρίσκονται συμπυκνμένα όλα τα διαθέσιμα εργαλεία μοντελοποίησης του προγράμματος. Ο χρήστης μπορεί να τις τοποθετήσει όπου επιθυμεί και επίσης έχει τη δυνατότητα να δημιουργεί νέες Toolbars με τα εργαλεία που χρησιμοποιεί πιο συχνά.



Εικόνα 9: Toolbar του Rhino

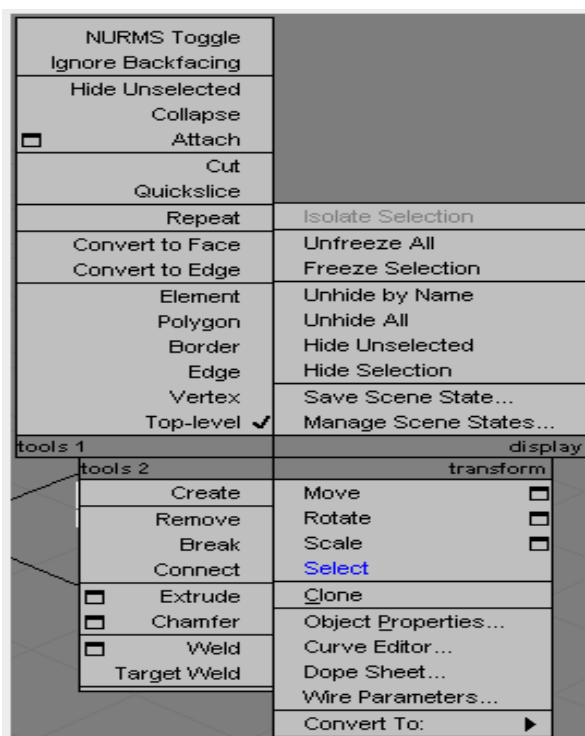
Δυο πολύτιμα εργαλεία που διαθέτουν το Alias Studio και το 3DS Max (το Rhino δεν διαθέτει κάποιο ανάλογο εργαλείο) είναι το **Marking menu** και το **Quad Panel** αντίστοιχα. Ενεργοποιούνται από τα mouse buttons και είναι ο γρηγορότερος τρόπος στα 2 προγράμματα για να επιλέξεις κάποιο εργαλείο.

Όσον αφορά το **Marking menu** του Alias Studio, ο χρήστης πατώντας Ctrl+Shift και ένα από τα κουμπιά του mouse εισέρχεται στο default **Marking menu** (Εικόνα 10) που αντιστοιχεί στο κουμπί που πάτησε. Κάθε κουμπί έχει το δικό του default **Marking menu** το οποίο περιέχει διάφορα εργαλεία με το χρήστη να έχει τη δυνατότητα να προσθέτει και να αφαιρεί εργαλεία από αυτό. Έτσι ο χρήστης αποθηκεύει γρήγορα τα εργαλεία που χρησιμοποιεί περισσότερο και δεν χάνει χρόνο να τα ψάχνει στο Palette.



Εικόνα 10: Marking menu στο Alias Studio

Το **Quad Panel** του 3DS Max (Εικόνα 11) ενεργοποιείται με δεξί mouse click οπουδήποτε μέσα σε ένα ενεργό παράθυρο και αποτελείται από 4 τεταρτημόρια που περιέχουν διάφορες εντολές. Τα δύο δεξιά τεταρτημόρια περιέχουν γενικά εργαλεία και εντολές οι οποίες είναι κοινές για όλα τα αντικείμενα, όπως για παράδειγμα οι εντολές **Hide**, **Unhide**, **Move** κ.τ.λ. Τα δύο αριστερά τεταρτημόρια περιέχουν πιο ειδικές εντολές, όπως το Extrude και το Boolean Tool. Αυτές οι εντολές εξαρτώνται από το επιλεγμένο από τον χρήστη αντικείμενο. Τα τεταρτημόρια στην προεπιλεγμένη μορφή τους εμφανίζουν μόνο τα εργαλεία που είναι διαθέσιμα για την συγκεκριμένη επιλογή. Επομένως, επιλέγοντας διαφορετικούς τύπους αντικειμένων (καμπύλες, επιφάνειες κ.τ.λ.) εμφανίζονται διαφορετικά εργαλεία στα τεταρτημόρια. Παρ' όλα αυτά, τα περιεχόμενα του Quad Panel είναι άμεσα τροποποιήσιμα από τον χρήστη.



Εικόνα 11: Default μορφή ενός Quad Panel

2.5.2 Δημιουργία και επεξεργασία σκίτσων (sketches)

Είδαμε προηγουμένως ότι τα σκίτσα (sketches) αποτελούν για τον σχεδιαστή ένα γρήγορο μέσο για να εκφράσει τις ιδέες του γύρω από τις πιθανές μορφές που μπορεί να έχει το νέο προϊόν. Επομένως, τα συστήματα CAID πρέπει να παρέχουν εργαλεία για τη δημιουργία και την επεξεργασία σκίτσων με σκοπό την αξιολόγηση των πιθανών μορφών που μπορεί να έχει ένα αντικείμενο προκειμένου ο βιομηχανικός σχεδιαστής να προχωρήσει στην 3D μοντελοποίηση.

Τα Autodesk 3DS Max 9 και το Rhino δεν διαθέτουν από μόνα τους εργαλεία για τη δημιουργία τέτοιων σκίτσων καθώς εστιάζουν περισσότερο στην 3D μοντελοποίηση. Έτσι λοιπόν οι χρήστες που επιθυμούν να σχεδιάσουν σε 2D είναι αναγκασμένοι να χρησιμοποιήσουν υποπρογράμματα, που χαρακτηρίζονται ως plug-ins ή add ons, τα οποία όμως δεν ανήκουν στο αρχικό πακέτο των προγραμμάτων αυτών. Οι χρήστες μπορούν να κάνουν εισαγωγή σχεδίων από άλλα προγράμματα και να τα επεξεργαστούν

(**Move, Rotate, Scale**) ως εικόνες (images) και να τα χρησιμοποιήσουν για να βασιστεί πάνω τους η 3D μοντελοποίηση.

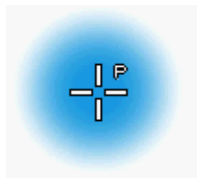
Αντιθέτως, το Alias Studio διαθέτει εργαλεία για σχεδίαση σε 2D. Επιλέγοντας Workflow→Paint μεταφερόμαστε αυτόματα στο 2D paint περιβάλλον όπου όλες οι λειτουργίες modeling, rendering και animation απενεργοποιούνται. Όλα τα εργαλεία και τα **Marking menus** αλλάζουν αυτόματα για να προσαρμοστούν στις λειτουργίες του sketching.

Η σχεδίαση γίνεται πάνω στα 2 είδη **Image Planes** που διαθέτει το Alias Studio, τα **Canvas Planes** και τα **Animation Image Planes**. Τα **Canvas Planes** τα χρησιμοποιούμε για σχεδίαση σκίτσων και αφού ολοκληρωθεί το σχέδιο σαν βάση για να προχωρήσουμε στην 3D μοντελοποίηση. Τα **Animation Image Planes** τα χρησιμοποιούμε για να επεξεργαστούμε εικόνες με σκοπό τη δημιουργία στατικών ή κινούμενων background σε renderings.

Σε κάθε Canvas plane ο χρήστης μπορεί να οργανώσει τα σκίτσα του με χρήση των **Image Layers**. Τα **Image Layers** χαρακτηρίζονται σαν διαφανή υποστρώματα του καμβά πάνω στα οποία ο χρήστης σχεδιάζει διαφορετικά τμήματα του σχεδίου και συνδέοντας τα με την κατάλληλη σειρά εμφανίζεται το τελικό σχέδιο. Εκτός από την οργάνωση του σχεδίου συμβάλλει και στην προστασία του καθώς ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει ένα νέο layer κάθε φορά που θέλει να προβεί σε σχεδιασμό νέων χαρακτηριστικών για τα οποία δεν είναι σίγουρος αν θα αποτελέσουν μέρος του τελικού σχεδίου. Ένα ακόμα στοιχείο που αποσκοπεί στην προστασία των σχεδίων από τυχόν αλλαγές είναι τα **mask layers**. Ουσιαστικά, το Alias Studio παρέχει τη δυνατότητα να επιλέξεις τμήματα του σχεδίου με χρήση καμπυλών και να τα προστατέψεις από στοιχεία όπως Brushes, Erasers κ.α. Το **Auto Shape Tool** του Alias Studio παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργεί ταυτόχρονα και την καμπύλη και το mask επιλέγοντας κάθε φορά αν η προστασία λαμβάνει χώρα για τμήματα μέσα ή έξω από την καμπύλη.

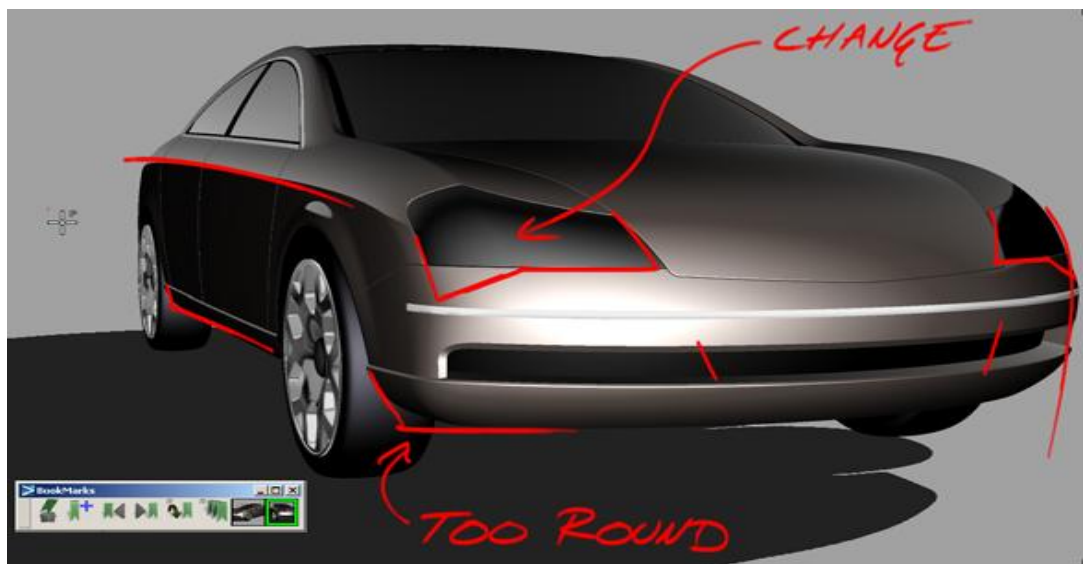
Η σχεδίαση γίνεται με χρήση μολυβιών (**Pencils**) και πινέλων (**Brushes**). Και για τα δύο εργαλεία υπάρχουν διάφορα modes (**Paint, Erase, Hide, Show**) και όταν ο δείκτης του mouse είναι πάνω στον καμβά εμφανίζεται αυτόματα μια preview εικόνα του

χρώματος και του πως αυτό θα εφαρμοστεί στον καμβά (Εικόνα 12). Και στα **Pencils** και στα **Brushes** ο χρήστης μπορεί να εφαρμόσει διάφορα εφέ (**Sharpen**, **Blur**, **Smear**, **Wetness**) καθώς και να ρυθμίσει το μέγεθος και το σχήμα των πινέλων.



Εικόνα 12: Preview εικόνα για Paint mode μιας airbrush

Με χρήση **Pencils** και **Brushes**, ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει και σχόλια πάνω σε σκίτσα ή σε 3D μοντέλα (Εικόνα 13). Όσον αφορά τα 3D μοντέλα, ο χρήστης φέρνει το μοντέλο στη επιθυμητή οπτική γωνία και προσθέτει τα σχόλια του με χρήση οποιουδήποτε εργαλείου σχεδίασης. Είναι εξαιρετικά χρήσιμο για την αναγνώριση στοιχείων που μπορεί να χρειάζονται περαιτέρω επεξεργασία πριν την ολοκλήρωση του μοντέλου. Μειονέκτημα του χαρακτηριστικού αυτού είναι ότι με την παραμικρή αλλαγή στην οπτική γωνία τα σχόλια εξαφανίζονται, οπότε είναι απαραίτητο να εκτυπώσεις ή να σώσεις το αρχείο σαν εικόνα (.JPEG).



Εικόνα 13: Προσθήκη σχολίων στο Alias Studio

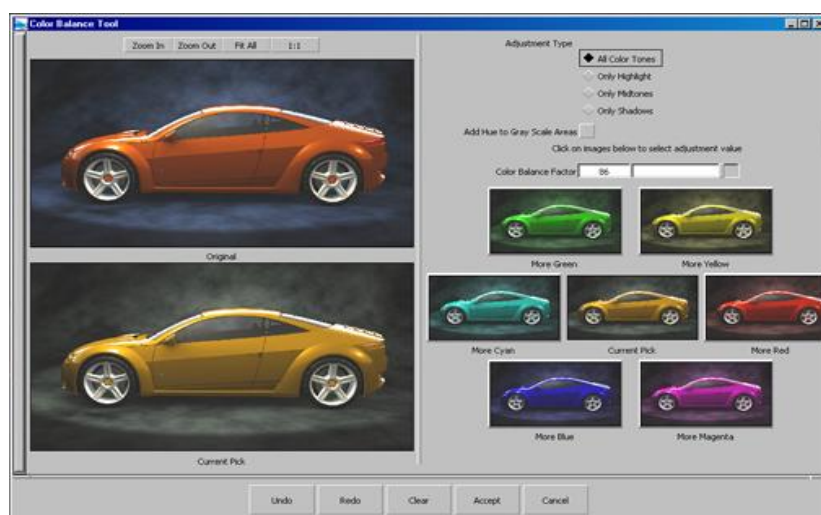
Δύο πολύ χρήσιμα χαρακτηριστικά του προγράμματος είναι το **Paint Symmetry**, με το οποίο ο χρήστης σχεδιάζει κάτι και αυτό κατοπτρίζεται ως προς κάποιο επίπεδο και το

Predictive Stroke με το οποίο ο χρήστης σχεδιάζει κάτι και το software αντιλαμβάνεται το είδος του σχεδίου και "προσπαθεί" να το σχεδιάσει καλύτερα (Εικόνα 14).



Εικόνα 14: Χρήση Predictive Stroke

Αφού ολοκληρωθεί το σκίτσο, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα περαιτέρω επεξεργασίας των χρωμάτων που χρησιμοποίησε στο σκίτσο μέσα από τα εργαλεία του **Color Correction Menu**. Όλα αυτά τα εργαλεία (**Color Balance**, **Saturation and Value**, **Brightness and Contrast**, **Color Replace** κ.α.) χωρίζονται σε 2 περιοχές, το **preview area** και το **control area** (Εικόνα 15). Στο **preview area** παρουσιάζεται η αρχική εκδοχή του σκίτσου καθώς και μια εκδοχή στην οποία αποτυπώνονται οι αλλαγές παρέχοντας έτσι τη δυνατότητα άμεσης σύγκρισης πριν την εφαρμογή των αλλαγών. Η επιλογή των αλλαγών γίνεται από τα **Thumbnails** που ουσιαστικά είναι το σκίτσο με διαφορετικά default χρώματα. Επιλέγοντας ένα ή περισσότερα **Thumbnails** έχουμε αυτόματη αλλαγή των χρωμάτων του σκίτσου.



Εικόνα 15: Color Balance Tool στο Alias Studio

Το **Replace Color Tool** είναι ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο με το οποίο μπορεί κανείς να πραγματοποιήσει οποιαδήποτε αλλαγή χρώματος μέσα σε μια εικόνα ή σκίτσο, προστατεύοντας αυτόματα τις περιοχές που δεν περιέχουν το επιλεγμένο προς αλλαγή χρώμα με χρήση masks. Με το **Eye Dropper Tool** ο χρήστης επιλέγει όποιο χρώμα της εικόνας επιθυμεί και αποκτά πολύ ακριβή έλεγχο όσον αφορά την απόχρωση (**Hue**) και τον κορεσμό (**Saturation**) ενός χρώματος. Παρ' όλα αυτά, είναι εξαιρετικά πολύπλοκο στον χειρισμό και δεν ενδείκνυται για αρχάριους χρήστες.

Ένα ακόμη χρήσιμο εργαλείο για την επεξεργασία εικόνων και σκίτσων είναι το **Warp Shape Tool**. Ο χρήστης περικυκλώνει με χρήση καμπυλών τα σημεία που επιθυμεί να επεξεργαστεί και τα ομαδοποιεί σε Warp Shapes. Το σύστημα αυτόματα δημιουργεί μια σύνδεση ανάμεσα στις καμπύλες και το image layer και με οποιαδήποτε μεταβολή στο σχήμα των καμπυλών έχουμε ταυτόχρονη αλλαγή στα αντίστοιχα σημεία του σκίτσου ή της εικόνας.

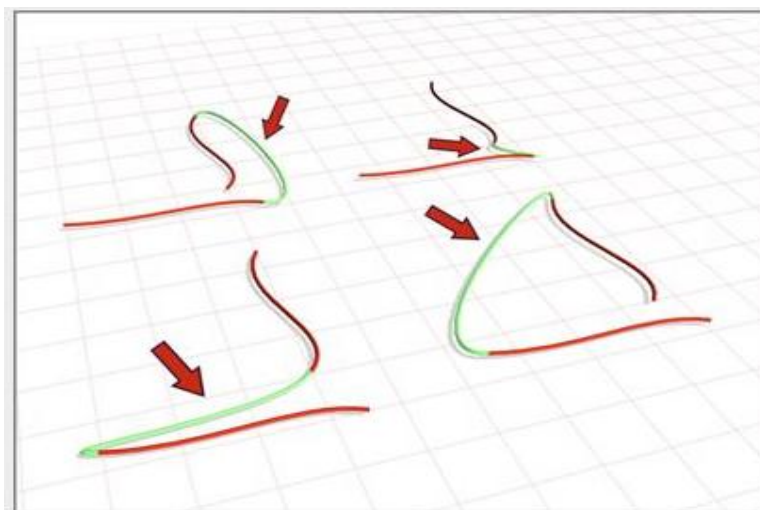
2.5.3 Εργαλεία δημιουργίας και επεξεργασίας καμπυλών

Οι καμπύλες είναι η βάση στην οποία στηρίζονται όλες οι επιφάνειες ελεύθερης μορφής. Επομένως τα συστήματα CAID πρέπει να παρέχουν εργαλεία για τη δημιουργία και επεξεργασία οποιασδήποτε μορφής καμπυλών επιθυμεί ο χρήστης. Και τα 3 software παρέχουν τη δυνατότητα δημιουργίας και επεξεργασίας τόσο 2D όσο και 3D NURBS και άλλων spline καμπυλών καθώς και στοιχείων αναλυτικής γεωμετρίας όπως γραμμές (lines), τόξα (arcs), κωμικών τομών (conic sections) κ.α.

Στο Alias Studio, η μορφή μιας καμπύλης καθορίζεται κυρίως από τα CVs (Control Vertices), τα οποία είναι τα σημεία ελέγχου μιας καμπύλης B-Spline, ενώ μικρότερες μεταβολές πάνω στο σχήμα της γίνονται και με μετακίνηση των edit points, τα οποία είναι τα ακραία σημεία των επιμέρους τμημάτων μιας καμπύλης. Το software έχει επίσης μια ενσωματωμένη βιβλιοθήκη με διάφορους τύπους πλήρως επεξεργάσιμων (με χρήση εργαλείων όπως Transform, Rotate, Trim κ.α.) καμπυλών (Sweeps) στην οποία ο

χρήστης μπορεί να αποθηκεύει και δικές του καμπύλες ούτως ώστε να μην απαιτείται συνεχώς η επανασχεδίαση ορισμένων συχνά χρησιμοποιούμενων καμπυλών.

Μερικά από τα βασικά εργαλεία δημιουργίας και επεξεργασίας καμπυλών που παρέχουν τα προγράμματα αυτά είναι το **Blend Curve Tool** (Εικόνα 16), όπου ενώνονται δυο ή περισσότερες καμπύλες, το **Chamfer Curve Tool** όπου δημιουργούμε λοξοτόμηση μεταξύ καμπυλών, το **Round Curve Tool** όπου δημιουργούμε στρογγυλεμένη σύνδεση μεταξύ καμπυλών με ταυτόχρονο Trim στις καμπύλες, το **Mirror Curve Tool** όπου κατοπτρίζουμε μια καμπύλη κ.α.



Εικόνα 16: Blend Curve Tool στο 3DS Max

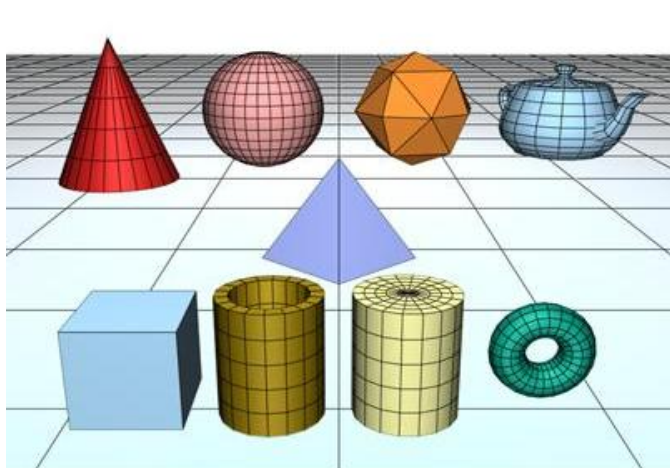
Δύο χρήσιμα εργαλεία που συναντώνται μόνο στο Rhino είναι το **Curve Boolean** όπου αποκόβουμε, διαχωρίζουμε ή ενώνουμε καμπύλες με βάση αλληλεπικαλυπτόμενες από αυτές περιοχές και το **Sketch Curve** όπου ο χρήστης ζωγραφίζει μια καμπύλη με το mouse και το software προβαίνει σε αυτόματη διόρθωση τυχόν ατελειών στη μορφή της καμπύλης.

Τέλος, εργαλεία όπως το **Evaluate Curve Continuity** του Alias Studio και το **Curvature Analysis** του Rhino επιτρέπουν στον χρήστη να ελέγξει τη μορφή συνέχειας μεταξύ διαδοχικών καμπυλών καθώς και την καμπυλότητα στα σημεία μιας καμπύλης με άμεση τροποποίηση της συνέχειας και της καμπυλότητας κατά απαίτηση του χρήστη.

2.5.4 Εργαλεία δημιουργίας και επεξεργασίας επιφανειών

Οι επιφάνειες αποτελούν τη βάση των συστημάτων CAID. Επομένως τα συστήματα αυτά πρέπει να παρέχουν πληθώρα εργαλείων για τη δημιουργία και επεξεργασία free-form επιφανειών. Σε αυτήν την ενότητα θα εξετάσουμε τα βασικότερα από τα εργαλεία που διατίθενται από τα 3 συστήματα για το σκοπό αυτό.

Τα τρία προγράμματα έχουν τη δυνατότητα άμεσης δημιουργίας, μέσω κλειστών επιφανειών, βασικών γεωμετρικών σχημάτων όπως σφαίρες, κύβοι, κύλινδροι κ.α. που καλούνται **Primitives** (Εικόνα 17) με το 3DS Max να υπερέχει σαφέστατα σε ποικιλία σχημάτων. Φυσικά, τα Primitives όπως και όλες οι άλλες επιφάνειες είναι πλήρως επεξεργάσιμες. Το γεγονός ότι τα software διαθέτουν Primitives είναι πολύ σημαντικό καθώς οι χρήστες μπορούν να αφιερώσουν περισσότερο χρόνο για μοντελοποίηση free-form επιφανειών.

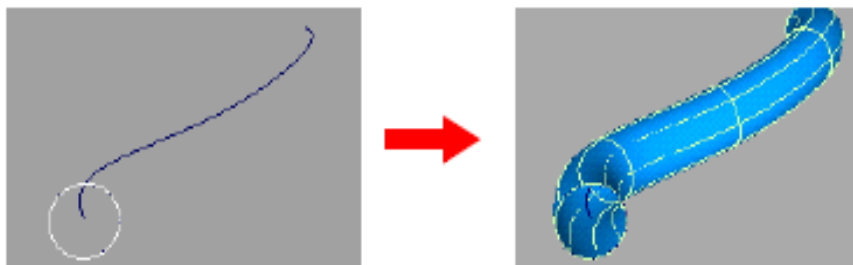


Εικόνα 17: Standard Primitives αντικείμενα του 3DS Max

Μερικά από τα βασικά εργαλεία δημιουργίας επιφανειών είναι τα:

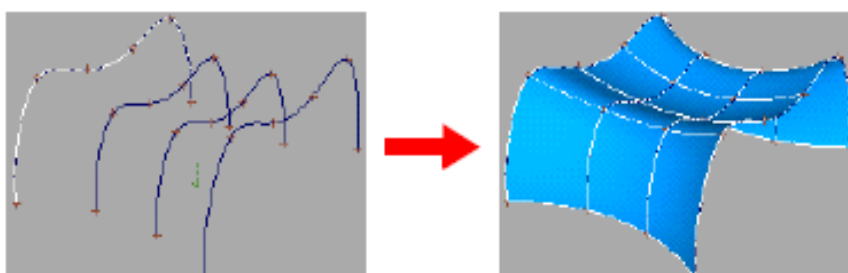
- **Revolve Tool:** Δημιουργία επιφάνειας μέσω περιστροφής μιας καμπύλης γύρω από άξονα. Στο 3DS Max ονομάζεται Lathe Tool.
- **Extrude Tool:** Στο 3DS Max και το Rhino έχουμε δημιουργία επιφάνειας μέσω σάρωσης μιας καμπύλης κατά μια συγκεκριμένη κατεύθυνση ως προς το επίπεδο της καμπύλης. Στο Alias Studio, το Extrude Tool δημιουργεί μια επιφάνεια μέσω σάρωσης μιας καμπύλης διατομής κατά μήκος μιας καμπύλης

οδηγού (Εικόνα 18). Στο 3DS Max αντίστοιχη λειτουργία με αυτή του Extrude Tool του Alias Studio παρέχει το **Loft Tool** και στο Rhino το **Extrude Curve Along Curve Tool**.



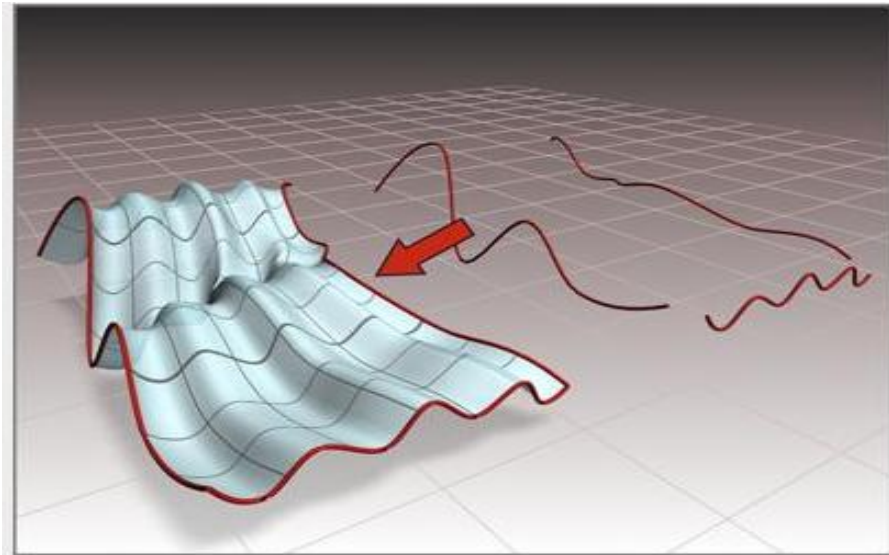
Εικόνα 18: Extrude Tool στο Alias Studio

- **Skin Tool:** Δημιουργία επιφάνειας μέσω σύνδεσης μιας σειράς διαδοχικών καμπυλών διατομών (Εικόνα 19). Στο 3DS Max το αντίστοιχο εργαλείο ονομάζεται **UV-Loft Tool** και στο Rhino ονομάζεται **Loft Tool**.



Εικόνα 19: Skin Tool στο Alias Studio

- **Rail Surface Tool:** Δημιουργία επιφάνειας μέσω σάρωσης 1 ή περισσότερων βασικών καμπυλών οι οποίες καλούνται Generation Curves κατά μήκος 1 ή 2 καμπυλών οδηγών που καλούνται Rail Curves (Εικόνα 20). Στο 3DS Max και στο Rhino το αντίστοιχο εργαλείο ονομάζεται 1-2 Rail Sweep και Sweep 1-2 Rail αντίστοιχα. Και στα 3 software είναι προτιμότερη η χρήση 2 τουλάχιστον Rail Curves καθώς προσφέρουν καλύτερο έλεγχο στη μορφή της καμπύλης. Επίσης υπάρχει δυνατότητα επιλογής του τύπου συνέχειας μεταξύ των Generation και των Rail Curves.



Εικόνα 20: 2 Rail Sweep στο 3DS Max

- **Profile Blend Tool:** Δημιουργεί μεταβατικές επιφάνειες μεταξύ επιλεγμένων ορίων επιφανειών. Στο 3DS Max και στο Rhino τα αντίστοιχα εργαλεία ονομάζονται **Blend Tool**. Και στα 3 software παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης της καμπυλότητας της δημιουργούμενης επιφάνειας καθώς και του τύπου της συνέχειας μεταξύ των αρχικών και της δημιουργούμενης επιφάνειας.
- **Fillet/Chamfer Surface Tool:** Δημιουργεί επιφάνεια που στρογγυλεύει ή κόβει τις ακμές άλλων επιφανειών.
- **Boolean Tool:** Αυτό το εργαλείο συνδυάζει 2 επιφάνειες σε μια νέα επιφάνεια με έναν από τους παρακάτω τρόπους: α) **Union** δηλαδή ένωση των επιφανειών, β) **Intersect** δηλαδή η νέα επιφάνεια θα αποτελείται μόνο από τα τμήματα στα οποία αλληλεπικαλύπτονται οι 2 αρχικές επιφάνειες και γ) **Difference/Subtract** δηλαδή αφαιρώντας τη μια από την άλλη.



Εικόνα 21: Boolean Operations μεταξύ κύβου και κυλίνδρου. Από αριστερά προς δεξιά έχουμε Union, Intersect και Subtract (2 μορφές).

Εκτός από τα εργαλεία δημιουργίας επιφανειών υπάρχουν και εργαλεία διαμόρφωσης μερικά από τα οποία είναι τα:

- **Bend Tool:** Κάμπτει την επιλεγμένη επιφάνεια γύρω από κάποιον άξονα.
- **Trim Tool:** Περικόπτει επιφάνειες απομακρύνοντας (στην ουσία τα καθιστά αόρατα) τμήματα των επιφανειών που οριοθετούνται από καμπύλες που είτε υπάρχουν πάνω στην επιφάνεια είτε προβάλλονται σε αυτήν. Είναι από τα σημαντικότερα εργαλεία διαμόρφωσης καθώς δημιουργεί πολύπλοκα όρια επιφανειών και αποτελεί τον μοναδικό τρόπο για τη δημιουργία οπών πάνω σε NURBS επιφάνειες.
- Εργαλεία όπως τα **Lattice Rig** του Alias Studio, το **Affect Region** του 3DS Max και το **Soft Edit Surface** του Rhino που προσφέρουν δυνατότητα τοπικής παραμόρφωσης επιφανειών μέσα από ένα πλέγμα σημείων. Το πλέγμα περιβάλλει την επιλεγμένη επιφάνεια και μετακινώντας σημεία του πλέγματος μετακινείται αντίστοιχα και η επιφάνεια. Είναι εργαλεία που συμβάλλουν στην ενίσχυση της δημιουργικότητας του σχεδιαστή καθώς επιτρέπουν την δημιουργία πολύπλοκης γεωμετρίας που δεν μπορεί να δημιουργηθεί με άλλα εργαλεία.

2.5.5 Δημιουργία Renderings

Το Rendering είναι η διαδικασία κατά την οποία δημιουργούμε μια 2D εικόνα ενός 3D αντικειμένου. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας ο χρήστης προσδίδει χρώμα και υφή στις επιφάνειες του αντικειμένου, διαμορφώνει το περιβάλλον, ρυθμίζει το φωτισμό κ.α. Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε τα βασικά εργαλεία που διαθέτουν τα συστήματα για αυτόν το σκοπό.

Μετά την ολοκλήρωση του μοντέλου, ο σχεδιαστής ξεκινά τη διαδικασία του rendering. Στην αρχή δίνει χρώμα στις επιφάνειες του μοντέλου με χρήση των λεγόμενων **shaders**. Με τα shaders, εκτός από το χρώμα, ρυθμίζουμε ιδιότητες της επιφάνειας όπως ανακλαστικότητα (reflectivity), τραχύτητα (roughness) κ.α. Με χρήση των textures, ο χρήστης προσθέτει μεγαλύτερο ρεαλισμό στην επιφάνεια καθώς τα textures

προσομοιώνουν διάφορους τύπους υλικών όπως ξύλο, πλαστικό, μέταλλο καθώς και στοιχεία της φύσης όπως νερό, σύννεφα κ.τ.λ. Στη συνέχεια, τοποθετούνται οι πηγές φωτός έτσι ώστε να μπορεί ο χρήστης να προσδώσει μεγαλύτερο ρεαλισμό στην εικόνα καθώς και να επικεντρώσει το ενδιαφέρον σε συγκεκριμένα σημεία του μοντέλου αν το επιθυμεί. Στο τέλος, με επιλογή της κατάλληλης μεθόδου rendering η διαδικασία ολοκληρώνεται με την εξαγωγή μιας εικόνας που αποδίδει ρεαλιστικά το μοντέλο με τα χαρακτηριστικά που επιλέχθηκαν στα προηγούμενα στάδια.

Το Alias Studio διαθέτει το **Multi-Lister Tool**, ένα εργαλείο μέσα από το οποίο ουσιαστικά χειριζόμαστε ολόκληρη τη διαδικασία του rendering. Από το **Assign Shader**, ο χρήστης μπορεί να δώσει χρώμα σε μια επιφάνεια ρυθμίζοντας παράλληλα ιδιότητες όπως αντανakλαστικότητα, διαθλαστικότητα κ.α. Επίσης, σε κάθε shader υπάρχει η επιλογή **Map** με την οποία ο χρήστης, με τη βοήθεια των **textures**, προσδίδει την επιθυμητή υφή στις επιφάνειες ή διαμορφώνει στοιχεία του περιβάλλοντος. Με το **Create Lights Tool** δημιουργεί διάφορες πηγές φωτισμού (Point light, Spot light, Area Light κ.α.) ολοκληρώνοντας έτσι την απεικόνιση του μοντέλου. Με το **Direct Render Tool** ο χρήστης μπορεί να δει μια προαπεικόνιση (preview) πριν προβεί στην δημιουργία της τελικής εικόνας για να δει πως εφαρμόζονται τα επιθυμητά οπτικά χαρακτηριστικά στο μοντέλο. Η εικόνα παράγεται με μια από τις παρακάτω μεθόδους:

- **Raycaster:** Το Raycasting παράγει ομαλές σκιασμένες αποδόσεις που περιλαμβάνουν σκιές. Είναι γρηγορότερη μέθοδος από το Raytracing αλλά δεν παράγει αντανakλάσεις ή διαθλάσεις (ο χρήστης μπορεί να τις αναπαράγει με χρήση ειδικών shaders).
- **Raytracing:** Το Raytracing παράγει ομαλές σκιασμένες αποδόσεις που περιλαμβάνουν οπτικά αποτελέσματα όπως αντανakλάσεις και διαθλάσεις. Προσδίδει περισσότερο ρεαλισμό από το Raycasting αλλά είναι πιο αργή μέθοδος.
- **Powercasting/Powertracing:** Παρόμοιες μεθόδους με τις προηγούμενες αλλά απαιτούν πολλαπλούς επεξεργαστές.

Τα 3DS Max και Rhino διαθέτουν τις ίδιες επιλογές όσον αφορά τα shaders, textures και lights αλλά όχι συγκεντρωμένα σε ένα ενιαίο εργαλείο όπως το Multi-lister του Alias

Studio. Διαθέτουν και αυτά render preview για τον έλεγχο της τελικής απεικόνισης. Οι μέθοδοι με τις οποίες ολοκληρώνεται η απεικόνιση στο 3DS Max είναι :

- **Scanline Renderer:** Είναι ο προεπιλεγμένος renderer του 3DS Max και ουσιαστικά σαρώνει τη σκηνή και την αποδίδει ως έχει χωρίς να προσθέτει πολλά εφέ (αντανakλάσεις, διαθλάσεις κ.α.).
- **Mental ray Renderer:** Έχει τα ίδια αποτελέσματα με το Raytracing του Alias Studio.

Ο προεπιλεγμένος renderer του Rhino έχει τα ίδια αποτελέσματα με τον Scanline renderer του 3DS Max και γι' αυτό το λόγο οι χρήστες του χρησιμοποιούν plug-in renderers όπως το Flamingo για να αποδίδονται τα renderings με τον απαιτούμενο ρεαλισμό.

Κεφάλαιο 3

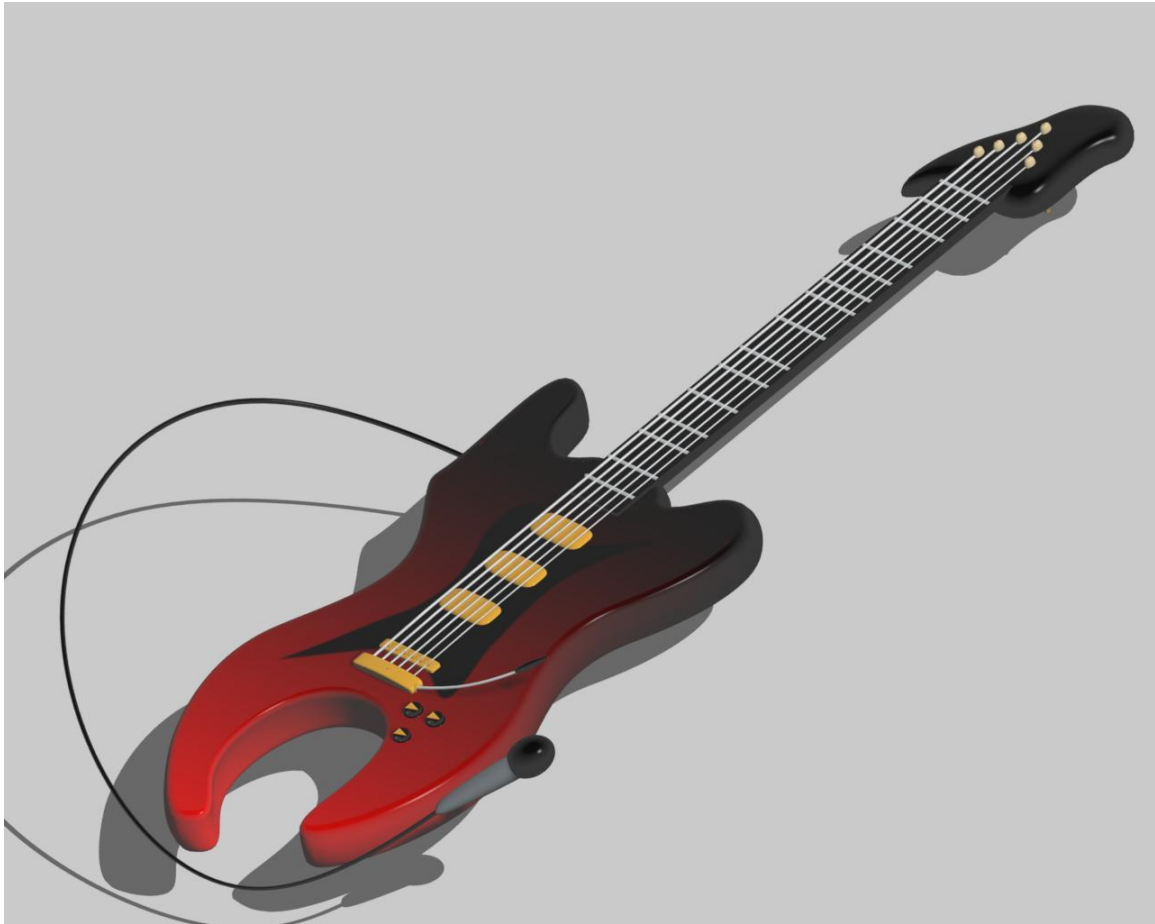
Σχεδιασμός ηλεκτρικής κιθάρας με χρήση της εφαρμογής

Pro/Concept

3.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό, θα προχωρήσουμε στην 3D μοντελοποίηση μιας ηλεκτρικής κιθάρας με χρήση της εφαρμογής Pro/Concept 4.0 της εταιρίας PTC. Το Pro/Concept περιέχει εργαλεία που καλύπτουν όλα τα στάδια της διαδικασίας βιομηχανικού σχεδιασμού με χρήση H/Y, δηλαδή εργαλεία για τη δημιουργία και επεξεργασία 2D σχεδίων και σκίτσων, καμπυλών, επιφανειών καθώς και εργαλεία για τη δημιουργία και επεξεργασία renderings (Το πρόγραμμα είναι Trial version και τα εργαλεία του Advanced Rendering δεν είναι διαθέσιμα).

Στην αρχή, θα δημιουργήσουμε ένα σκίτσο της κιθάρας πάνω στο οποίο θα βασιστούμε για να προχωρήσουμε στην 3D μοντελοποίηση. Θα φτιάξουμε το σώμα της κιθάρας και πάνω σε αυτό θα ενσωματώνουμε σταδιακά τα υπόλοιπα μέρη, ξεκινώντας με το μπράτσο της κιθάρας και συνεχίζοντας με τα τάστα, τις γέφυρες, τις χορδές κτλ. Μετά την ολοκλήρωση της μοντελοποίησης, θα προχωρήσουμε στην διαδικασία της ψηφιακής απεικόνισης, όπου αφού χρωματίσουμε και ρυθμίσουμε τον φωτισμό του μοντέλου, θα εξάγουμε μερικές εικόνες παρουσίασης της κιθάρας που απεικονίζουν το τελικό προϊόν όπως φαίνεται στην Εικόνα 22.



Εικόνα 22: Εικόνα παρουσίασης κιθάρας

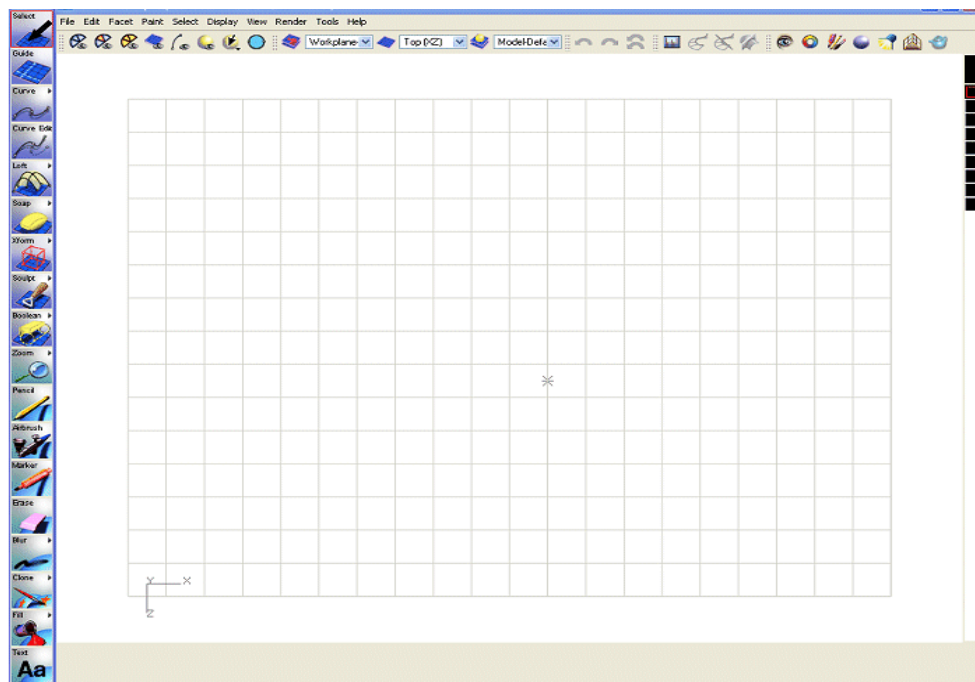
3.2 Μοντελοποίηση

3.2.1 Δημιουργία σκίτσου κιθάρας

Θα ξεκινήσουμε τη διαδικασία μοντελοποίησης με τη δημιουργία του σκίτσου της κιθάρας. Το σκίτσο θα απεικονίζει την όψη της κιθάρας και θα αποτελέσει τη βάση για να ξεκινήσουμε την 3D μοντελοποίηση.

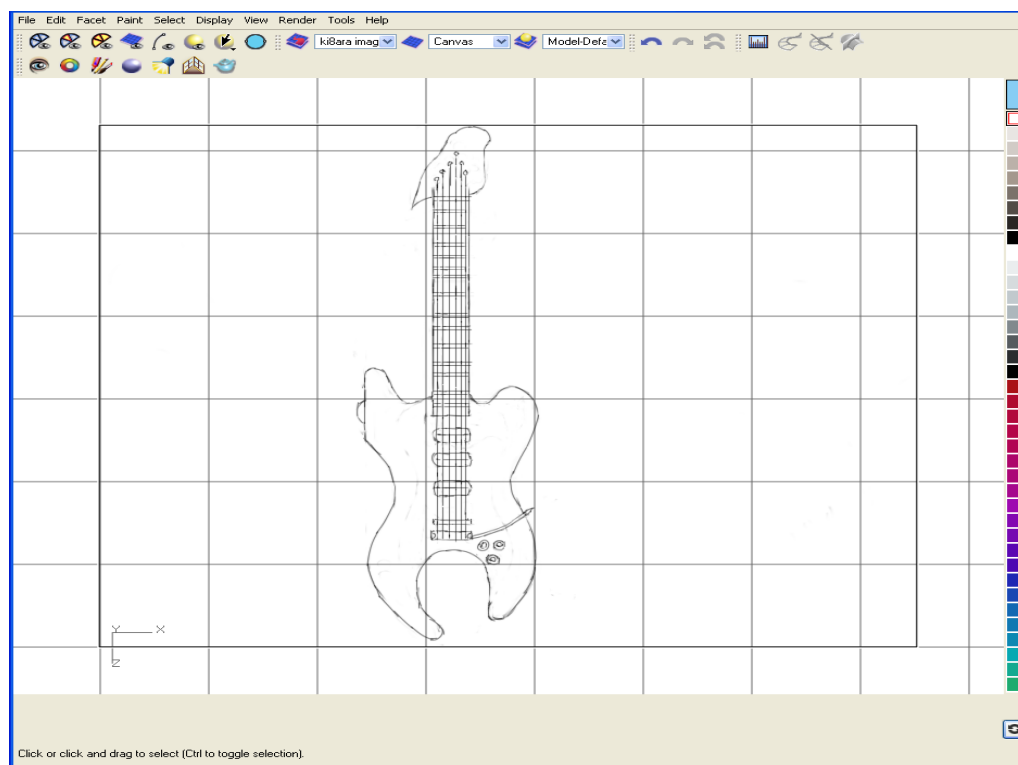
Επιλέγουμε New→ 2D Sketch→ Large product και ανάλυση 850x640 και οδηγούμαστε στον καμβά (Εικόνα 23) πάνω στον οποίο θα δημιουργήσουμε το σκίτσο μας. Στη συνέχεια επιλέγουμε το **Pencil Tool** και βάζουμε size 1 και 2, opacity 2 και 30

και softness 80. Οι τιμές αυτές έχουν ως αποτέλεσμα λεπτή και απαλή γραμμή κάτι που βοηθά στη σχεδίαση. Το **Stroke Tab** μας παρέχει μια προεπισκόπηση για το πως θα απεικονίζεται η γραμμή του μολυβιού πάνω στον καμβά. Κάθε αλλαγή που γίνεται στις ρυθμίσεις του Pencil Tool απεικονίζεται στο Stroke Tab ούτως ώστε να έχουμε πλήρη εικόνα του πως σχεδιάζουμε κάθε φορά.



Εικόνα 23: Καμβάς στο Pro/Concept

Στο σχέδιο θα απεικονίζονται οι βασικές λεπτομέρειες της κιθάρας όπως οι χορδές, οι μαγνήτες κτλ. Προσπαθήσαμε να προσθέσουμε αρκετές καμπύλες στο σχήμα της και καταλήξαμε στο σχέδιο της Εικόνας 24. Αφού ολοκληρώσουμε το σχέδιο επιλέγουμε **Paint**→ **Sharpen** κάτι που έχει ως αποτέλεσμα να απεικονίζονται πιο έντονα οι γραμμές του σχεδίου μας. Αφού ολοκληρωθεί το σχέδιο, το αποθηκεύουμε ως PTC εικόνα (.imf) για να το εισάγουμε στο 3D μοντέλο καθώς το σκίτσο αυτό θα είναι η βάση του.

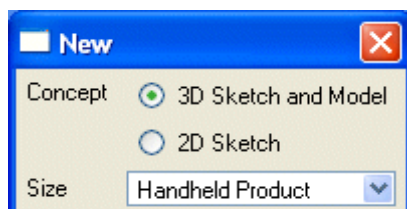


Εικόνα 24: Σκίτσο κιθάρας

3.2.2 Δημιουργία σώματος κιθάρας

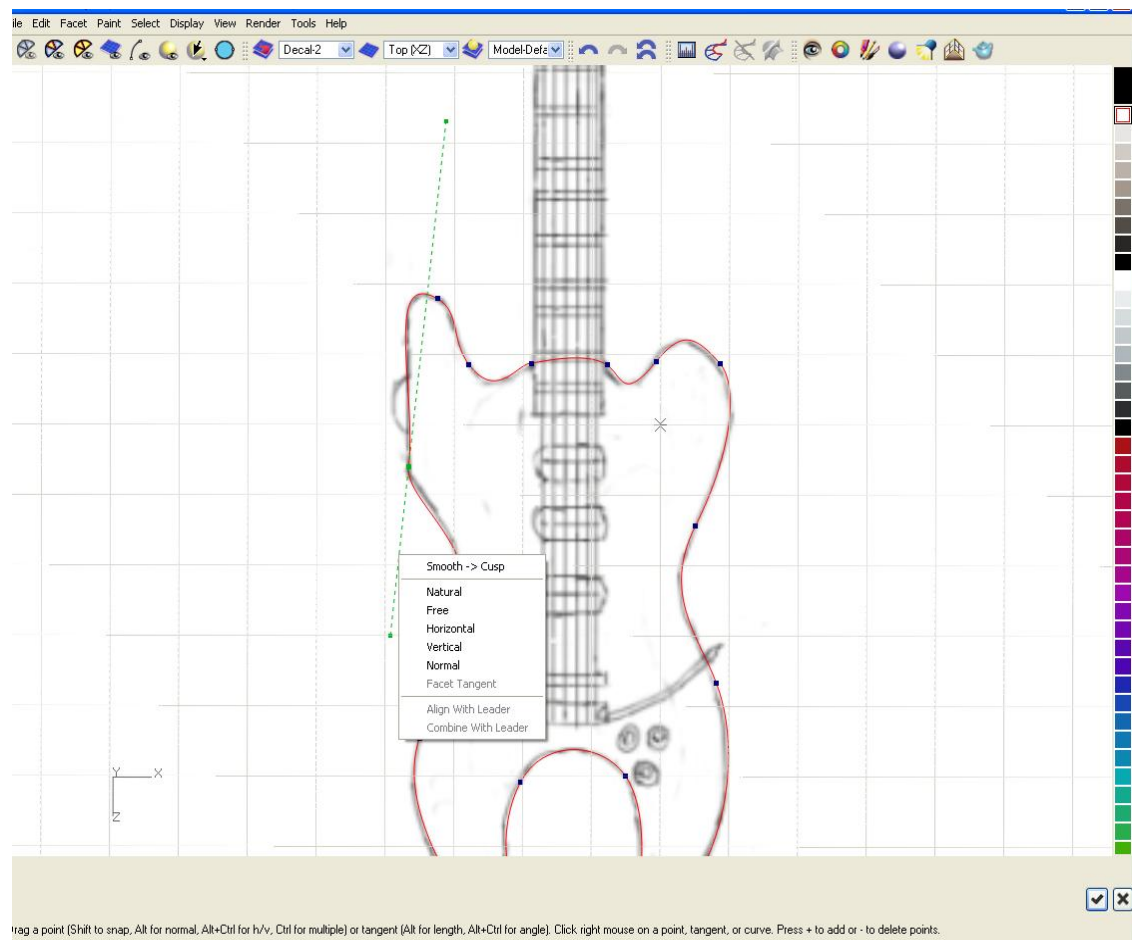
Τώρα θα προχωρήσουμε στη δημιουργία του 3D μοντέλου ξεκινώντας από το σώμα της κιθάρας. Επιλέγουμε File→New και στο Concept επιλέγουμε 3D Sketch and model και size Large product (Εικόνα 25). Στη συνέχεια επιλέγουμε Product layout και οδηγούμαστε στο κεντρικό παράθυρο του Pro/Concept. Η δημιουργία του σώματος της κιθάρας θα ξεκινήσει με την ψηφιακή περιγραφή της περιφέρειας του σώματος της κιθάρας μέσω μιας καμπύλης. Για να γίνει αυτό θα εισάγουμε το σκίτσο που δημιουργήσαμε προηγουμένως στο μοντέλο μας. Πατάμε Display→Filters και κάνουμε κλικ στο Secondary στο μενού Workplanes για να εμφανίσουμε όλα τα επίπεδα εργασίας στην οθόνη. Το ενεργό επίπεδο εργασίας (Workplane) θα είναι πάντα πιο έντονο από τα ανενεργά για να καταλαβαίνουμε που ακριβώς εργαζόμαστε κάθε φορά. Από τη γραμμή εργαλείων στη συντόμευση των επιπέδων εργασίας  επιλέγουμε το Top (XY) επίπεδο εργασίας και με το F9 το ευθυγραμμίζουμε στην οθόνη. Η εισαγωγή

του σκίτσου γίνεται πατώντας File→Append και επιλέγοντας στη συνέχεια το .imf αρχείο που δημιουργήσαμε πριν. Το σκίτσο, σαν εικόνα πλέον, εμφανίζεται σε ένα κίτρινο πλαίσιο και επιλέγοντας μια από τις κορυφές καθορίζουμε τις διαστάσεις της κάνοντας κλικ και σέρνοντας το ποντίκι προς την επιθυμητή κατεύθυνση (click and drag).

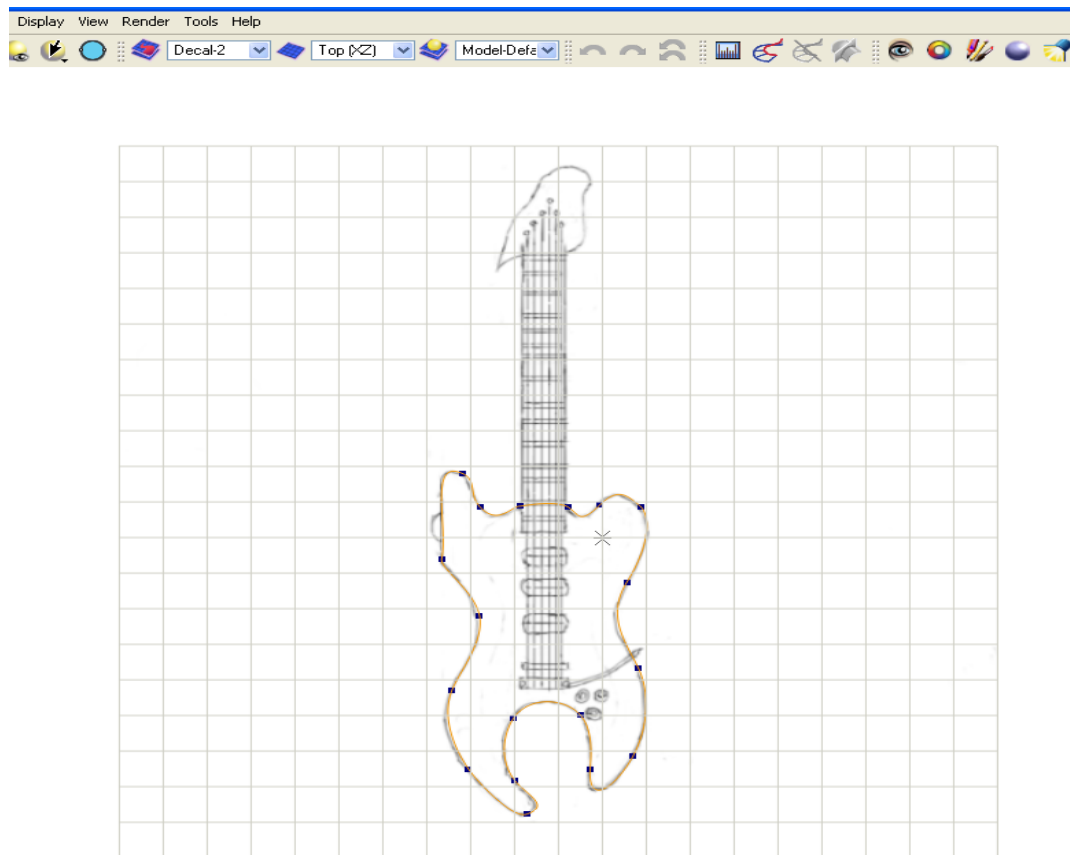


Εικόνα 245 New File μενού

Επόμενο βήμα είναι η ψηφιοποίηση της μορφής που έχουμε σχεδιάσει στο σκίτσο με χρήση καμπυλών. Αυτό θα γίνει με τη βοήθεια του **Curve Tool** , με το οποίο εισάγουμε σημεία πάνω στον καμβά ή στο ενεργό επίπεδο εργασίας τα οποία ορίζουν τη μορφή της καμπύλης. Με διαδοχικά κλικ δημιουργούμε διαδοχικά σημεία από τα οποία διέρχεται η καμπύλη η οποία περιγράφει το σώμα της κιθάρας. Επειδή θέλουμε να δημιουργήσουμε κλειστή καμπύλη, δηλαδή το πρώτο με το τελευταίο σημείο να συμπίπτουν, πατάμε το Shift με την εισαγωγή του τελευταίου σημείου. Πατάμε ☒ και προχωράμε στην επεξεργασία της καμπύλης. Κάθε σημείο της καμπύλης μπορούμε να το μετακινήσουμε και να το τοποθετήσουμε όπου επιθυμούμε αλλάζοντας παράλληλα και τη μορφή της καμπύλης. Για καλύτερο έλεγχο, προσθέτουμε και αφαιρούμε σημεία με τα πλήκτρα +/- . Επίσης, επιλέγοντας ένα σημείο της καμπύλης εμφανίζονται δυο διακεκομμένες, εφαπτόμενες στο σημείο, γραμμές-λαβές με τον χειρισμό των οποίων (ο χειρισμός γίνεται από τα ακραία τους σημεία) μεταβάλλουμε την καμπυλότητα γύρω από το επιλεγμένο σημείο. Με δεξί κλικ πάνω σε μια από τις γραμμές-λαβές εμφανίζεται και το μενού διαμόρφωσης τους (Εικόνα 26) μέσα από το οποίο ρυθμίζουμε το πως θα γίνεται η σύνδεση μεταξύ των διαδοχικών τμημάτων της καμπύλης (Smooth→Cusp κ.α.). Μετά από κατάλληλη επεξεργασία δημιουργήσαμε την καμπύλη της Εικόνας 27.

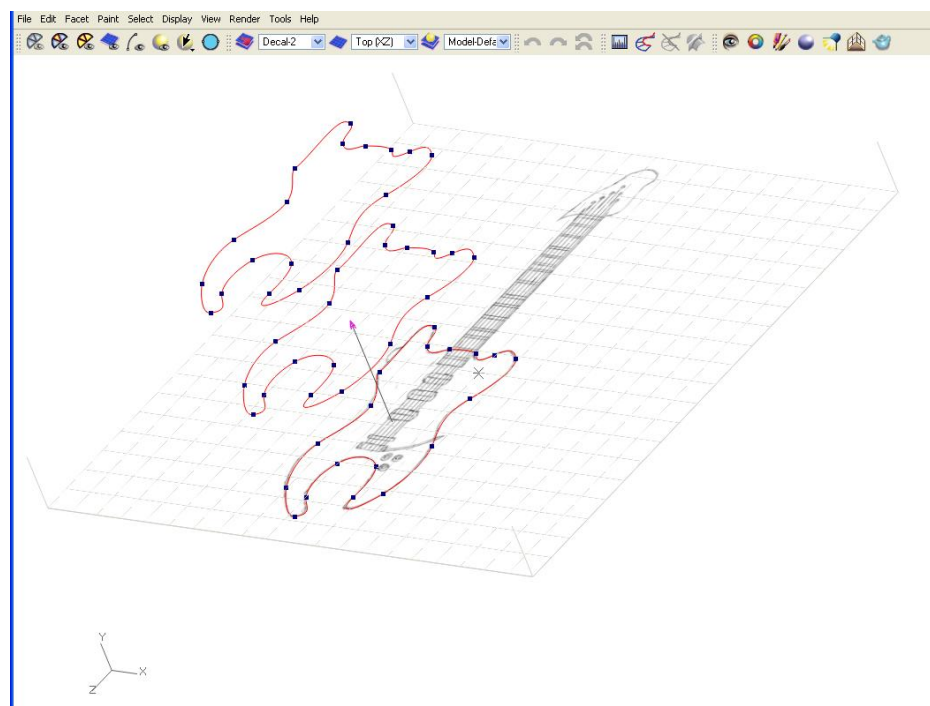


Εικόνα 26: Γραμμές-λαβές διαμόρφωσης καμπύλης



Εικόνα 27: Καμπύλη σώματος κιθάρας

Την πλευρική επιφάνεια της κιθάρας θα την δημιουργήσουμε με το Loft Tool με το οποίο δημιουργούμε μια επιφάνεια μέσω σύνδεσης μιας σειράς διαδοχικών καμπυλών-διατομών. Για να χρησιμοποιήσουμε αυτό το εργαλείο, θα δημιουργήσουμε άλλες δύο καμπύλες-διατομές όμοιες με την καμπύλη της Εικόνας 27. Έτσι λοιπόν επιλέγουμε την καμπύλη και πατάμε **Edit**→ **Duplicate** (Αντιγραφή) και μεσαίο click. Έχουμε δημιουργήσει ένα αντίγραφο της καμπύλης το οποίο δεν είναι ορατό καθώς οι δυο καμπύλες ταυτίζονται. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία και αφού επιλέξουμε το σετ των καμπυλών πατάμε **Edit**→**Slinkify** (Εικόνα 28) με τιμή 24 στην απόσταση μεταξύ τους.



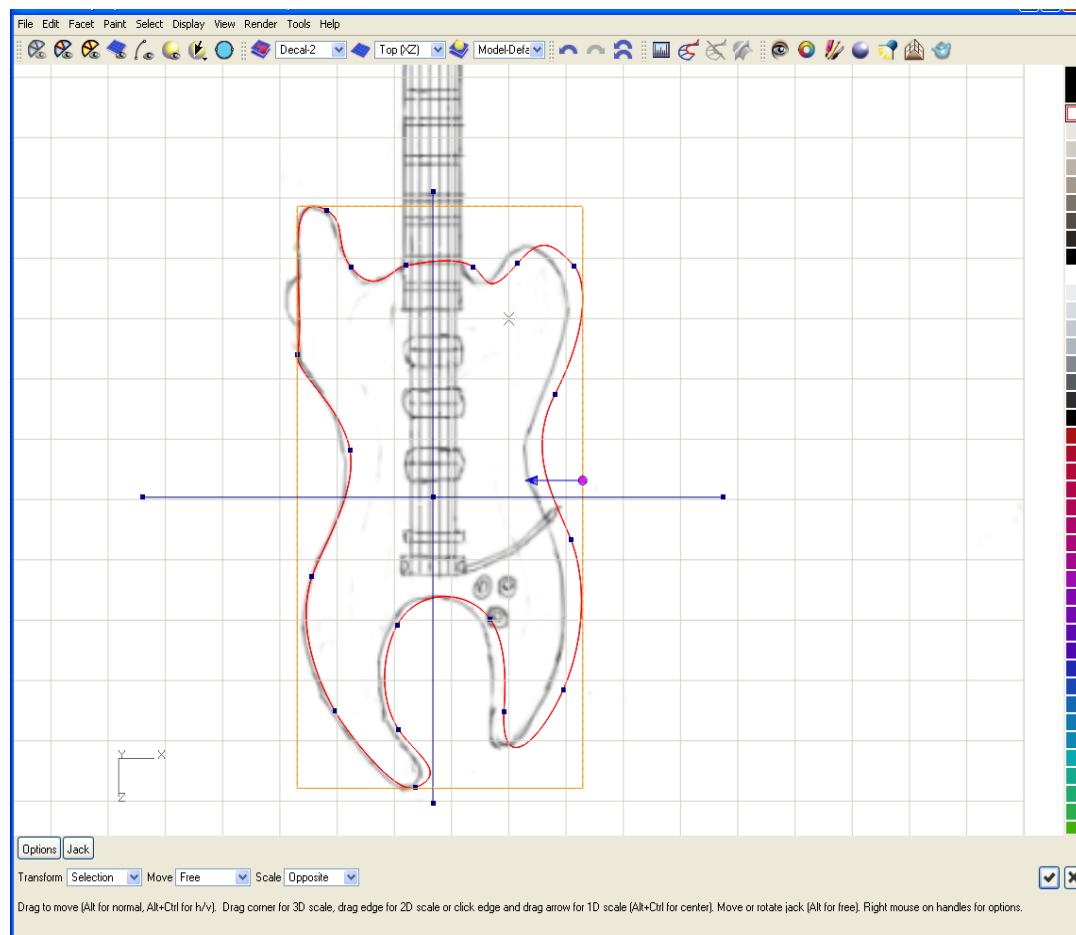
Εικόνα 28: Slikify Tool

Επιλέγουμε τις διατομές 1 και 3 και πατάμε το F2 που είναι πλήκτρο της συντόμευσης του **Hide** (Απόκρυψη). Έτσι απομονώνουμε την 2^η διατομή με σκοπό να την κάνουμε ελαφρώς πιο πλατιά με τη βοήθεια του **Xform Tool**. Είναι ένα χρήσιμο εργαλείο με το οποίο μετατοπίζουμε, περιστρέφουμε και μεγεθύνουμε οποιοδήποτε στοιχείο (καμπύλη, επιφάνεια κ.τ.λ.) επιθυμούμε. Το Xform Tool χρησιμοποιεί ένα 3D πλαίσιο το οποίο περικλείει την επιλεγμένη γεωμετρία. Το πλαίσιο περιέχει κάποιες λαβές τις οποίες χειριζόμαστε άμεσα για να προβούμε στις επιθυμητές αλλαγές. Οι μετατοπίσεις μπορούν να γίνουν ως προς οποιονδήποτε άξονα επιθυμούμε.

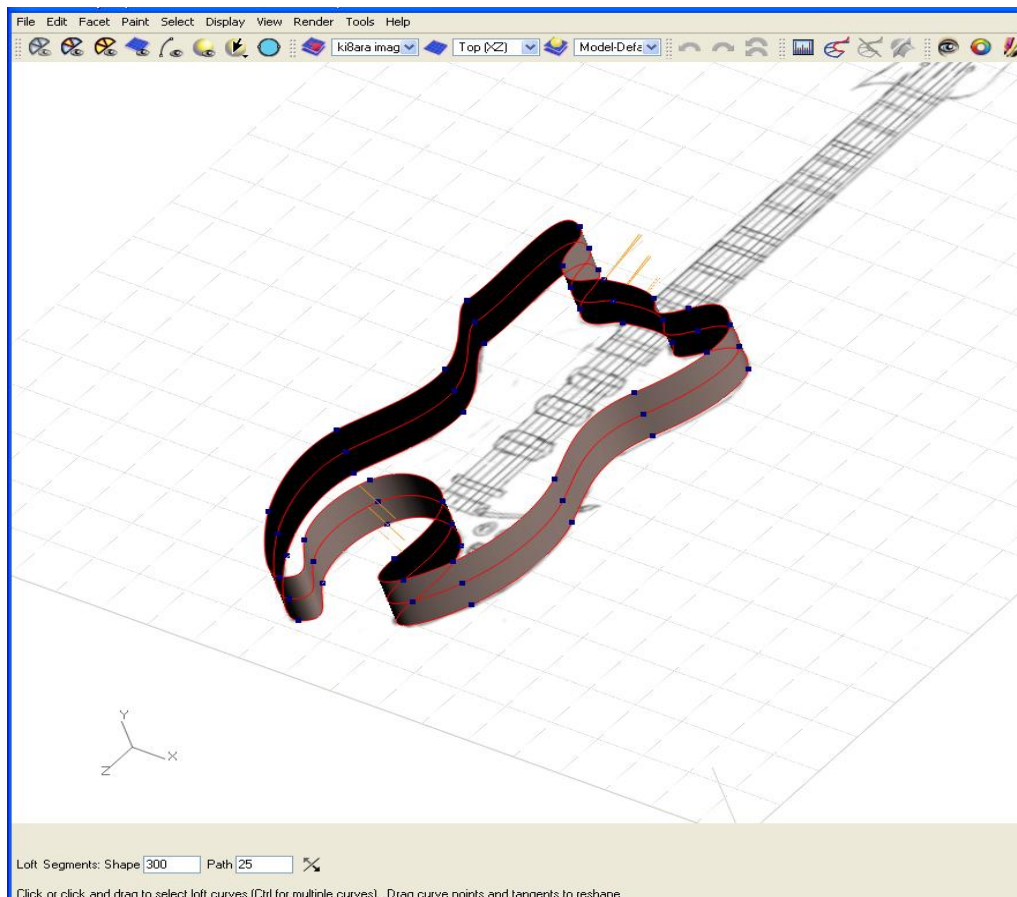
Επιλέγουμε τη διατομή και στη συνέχεια επιλέγουμε το **Xform Tool** . Η διατομή εμφανίζεται μέσα σε ένα κίτρινο πλαίσιο. Όταν επιλέγουμε μια από τις ακμές του πλαισίου εμφανίζεται ένα μπλε βέλος (Εικόνα 29) και επιλέγοντας τη μύτη του βέλους ρυθμίζουμε τις διαστάσεις κάνοντας κλικ και σέρνοντας το ποντίκι στην κατεύθυνση που επιθυμούμε (click and drag). Αφού ρυθμίσουμε και το μήκος και το πλάτος της διατομής πατάμε ☒ και F4 για να επανεμφανιστούν οι κρυμμένες διατομές.

Στη συνέχεια, επιλέγουμε τις 3 διατομές και επιλέγουμε το **Loft Tool** . Έτσι

δημιουργούμε μια επιφάνεια που περνά από τις 3 επιλεγμένες διατομές. Θέτουμε Segments 300 (αριθμός των τμημάτων που θα προσεγγίσουν την καμπύλη) και normals out. Η επιφάνεια που δημιουργείται φαίνεται στην Εικόνα 30.

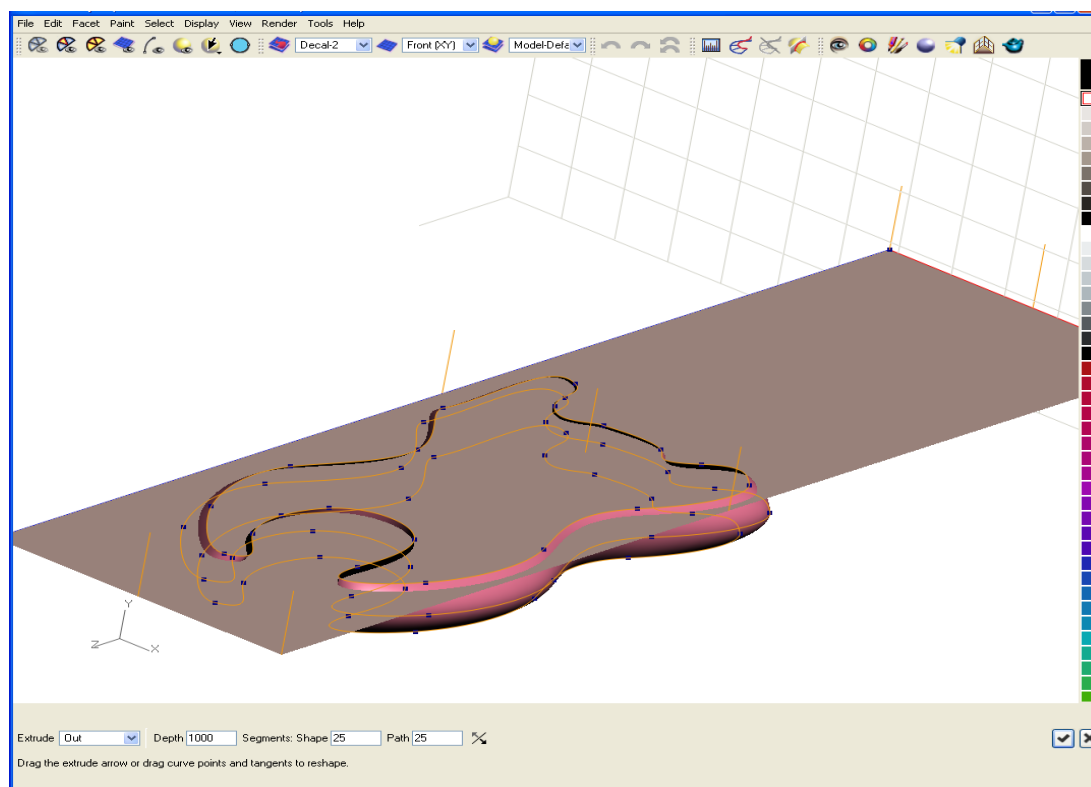


Εικόνα 29: Xform Tool



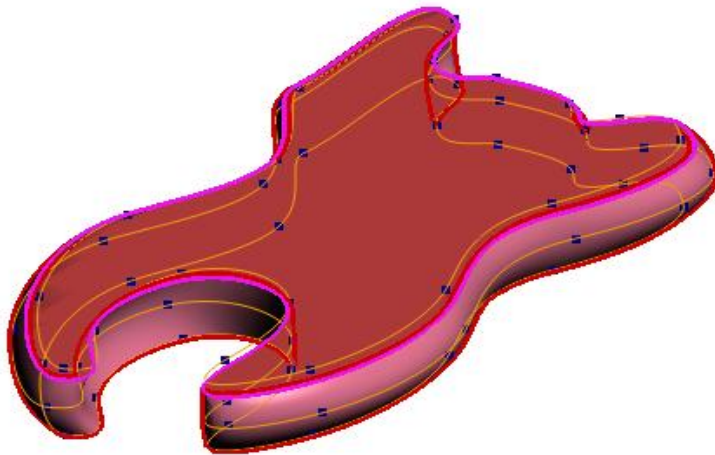
Εικόνα 30: Loft Tool

Για την πάνω επιφάνεια της κιθάρας θα χρησιμοποιήσουμε τα **Extrude** και **Boolean Tools**. Επιλέγουμε το **Line Tool** , το οποίο δημιουργεί ευθύγραμμες καμπύλες και δημιουργούμε μια ευθεία γραμμή στο Front επίπεδο εργασίας. Επιλέγουμε τη γραμμή και μετά το **Extrude Tool** . Το **Extrude Tool** δημιουργεί επιφάνεια από σάρωση μιας καμπύλης κάθετα προς το επίπεδο της. Σαν μήκος θέτουμε τιμή 1000 και normals out. Έτσι δημιουργείται μια επιφάνεια που επικαλύπτει πλήρως την Lofted επιφάνεια (Εικόνα 31).



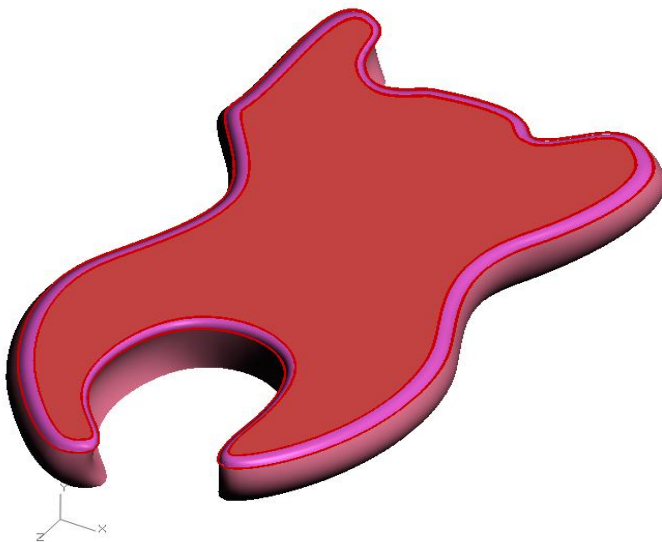
Εικόνα 31: Extrude Tool

Με επιλεγμένη την extruded επιφάνεια επιλέγουμε το **Boolean Tool** . Το **Boolean Tool** δημιουργεί επιφάνειες μέσω ένωσης, αλληλοεπικάλυψης ή αφαίρεσης τμημάτων δύο αρχικών επιφανειών. Με αυτό το εργαλείο θα συνδέσουμε την extruded με την lofted επιφάνεια. Αφού επιλέξουμε το Boolean Tool, επιλέγουμε την επιφάνεια με την οποία θα γίνει η σύνδεση δηλαδή την lofted επιφάνεια και στη συνέχεια επιλέγουμε Intersect ως τύπο σύνδεσης των δυο επιφανειών (Εικόνα 32). Με το Boolean δημιουργείται ταυτόχρονα και ένα όριο-ακμή (boundary), που υποδηλώνει την τομή των δύο επιφανειών και το οποίο εμφανίζεται με διακεκομμένες γραμμές εκεί που τέμνονται οι δυο επιφάνειες. Για να έχουμε πιο ομαλή μετάβαση από την extruded στην lofted επιφάνεια, θα χρησιμοποιήσουμε το **Blend Tool** (αντίστοιχο του Round Tool του Pro\Engineer ή Fillet Tool στα παραδοσιακά συστήματα CAD).



Εικόνα 32: Boolean Tool (Intersect)

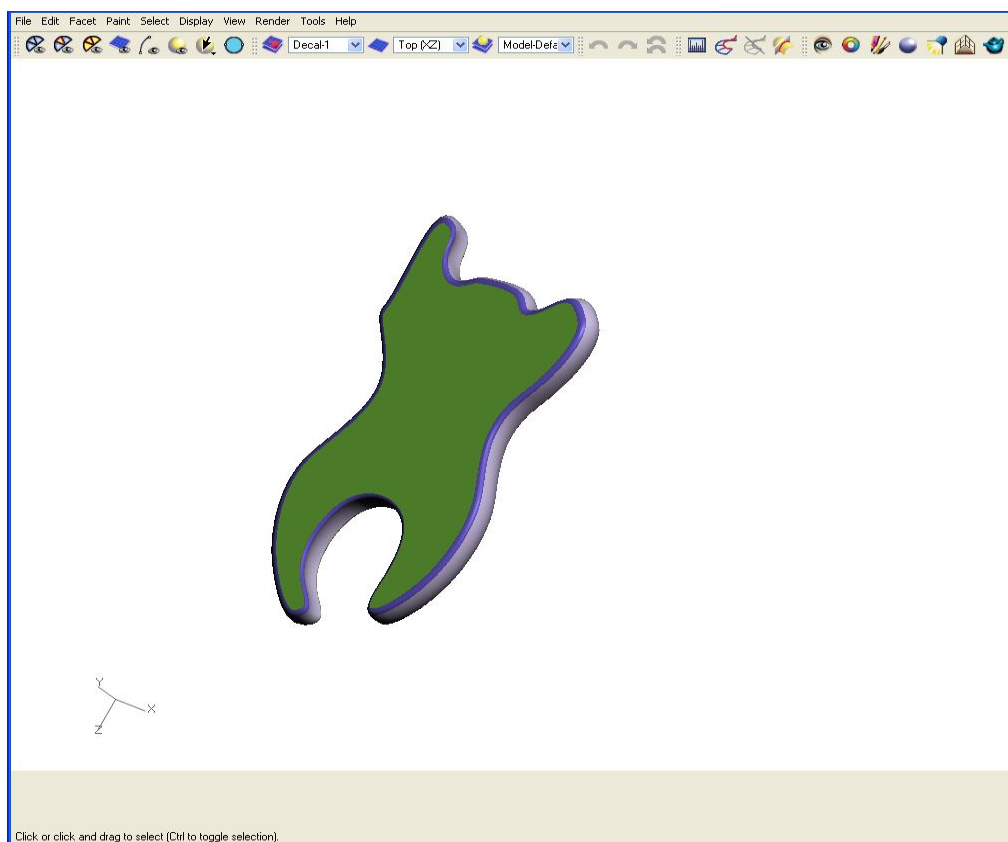
Επιλέγουμε την πάνω επιφάνεια και έπειτα το **Blend Tool** . Στη συνέχεια επιλέγουμε το όριο που δημιουργήθηκε πριν (από το Boolean Tool) καθώς πάνω σε αυτό θα γίνει η μίξη των επιφανειών. Θέτουμε Blend Radius 5, Segments 300 και Radial 15. Πατάμε ☒ και ολοκληρώνεται η μίξη όπως φαίνεται στην Εικόνα 33.



Blend Radius: 5.00 Segments: Length: 300 Radial: 15
 et options and click the Apply arrow to blend.

Εικόνα 33: Blend Tool

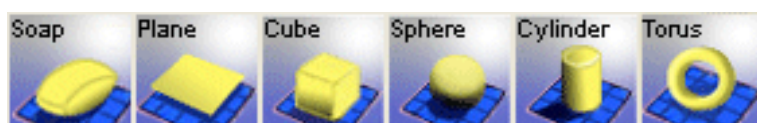
Για τη δημιουργία της κάτω επιφάνειας της κιθάρας θα χρησιμοποιήσουμε το **Plane Tool**. Το εργαλείο αυτό δημιουργεί επίπεδες επιφάνειες παράλληλες ή κάθετες στο ενεργό επίπεδο εργασίας. Επιλέγουμε το **Plane Tool**  και δημιουργούμε μια επιφάνεια παράλληλη στο Top επίπεδο εργασίας επιλέγοντας normals out. Με το **Xform Tool** μετατοπίζουμε την επιφάνεια κάτω από το σώμα της κιθάρας έτσι ώστε να την τέμνει κατά μήκος. Έπειτα χρησιμοποιήσουμε διαδοχικά τα **Boolean** (με τύπο Intersect) και **Blend Tools** όπως ακριβώς και στην πάνω επιφάνεια. Η μίξη των επιφανειών θα γίνει στο αντίστοιχο κάτω όριο που δημιουργείται από το Boolean. Έτσι ολοκληρώνεται το σώμα της κιθάρας (Εικόνα 34).



Εικόνα 34: Σώμα κιθάρας

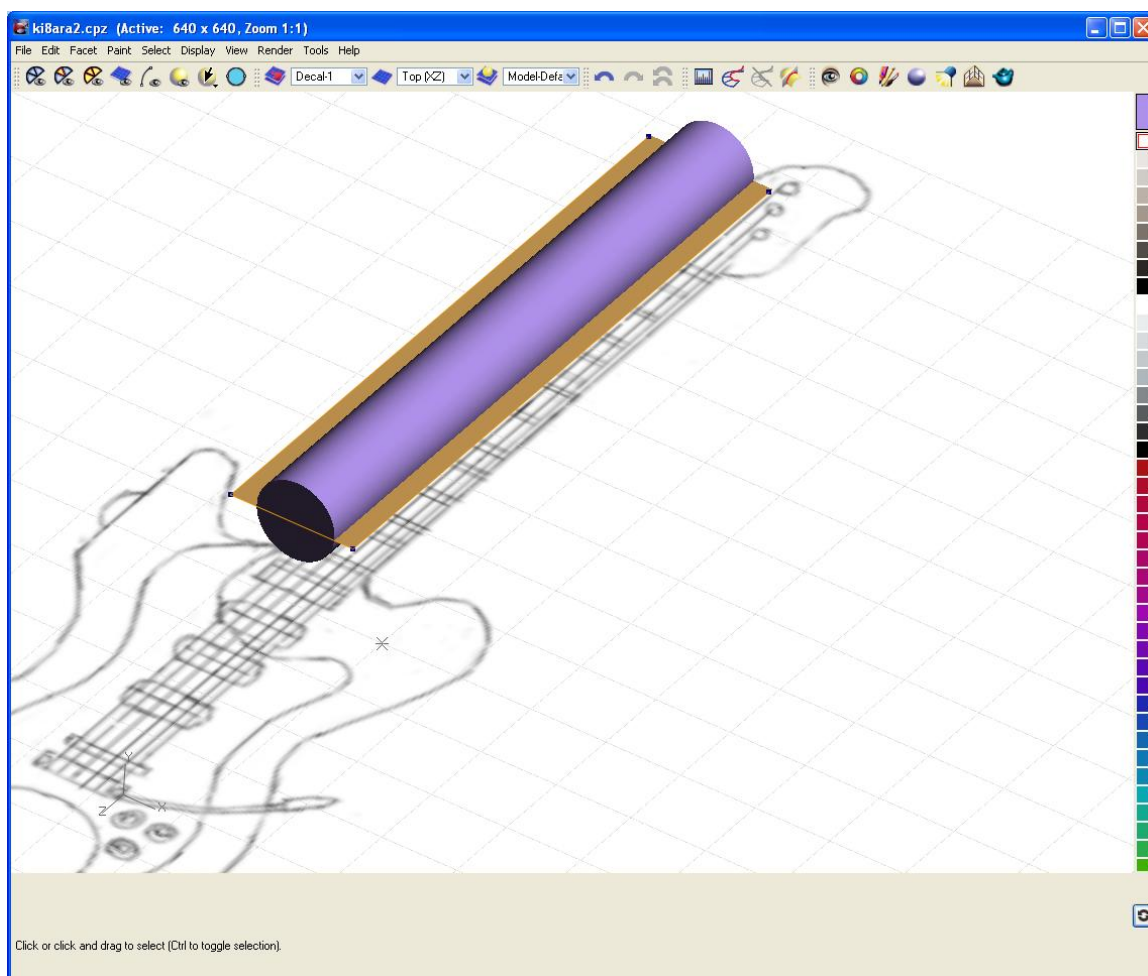
3.2.3 Μπράτσο κιθάρας

Στη συνέχεια, θα φτιάξουμε το μπράτσο της κιθάρας ξεκινώντας από τη δημιουργία ενός Soap Primitive. Γενικά, τα **Primitives** είναι τυποποιημένα γεωμετρικά στοιχεία όπως σφαίρες, κύβοι, κύλινδροι κ.τ.λ τα οποία ο χρήστης έχει άμεσα στην διάθεση του χωρίς να χρειάζεται να τα δημιουργήσει από την αρχή με άλλα εργαλεία. Τα Primitives όπως και όλες οι άλλες επιφάνειες είναι πλήρως επεξεργάσιμες από το χρήστη. Τα διαθέσιμα Primitives στο Pro/Concept διακρίνονται στην Εικόνα 35.



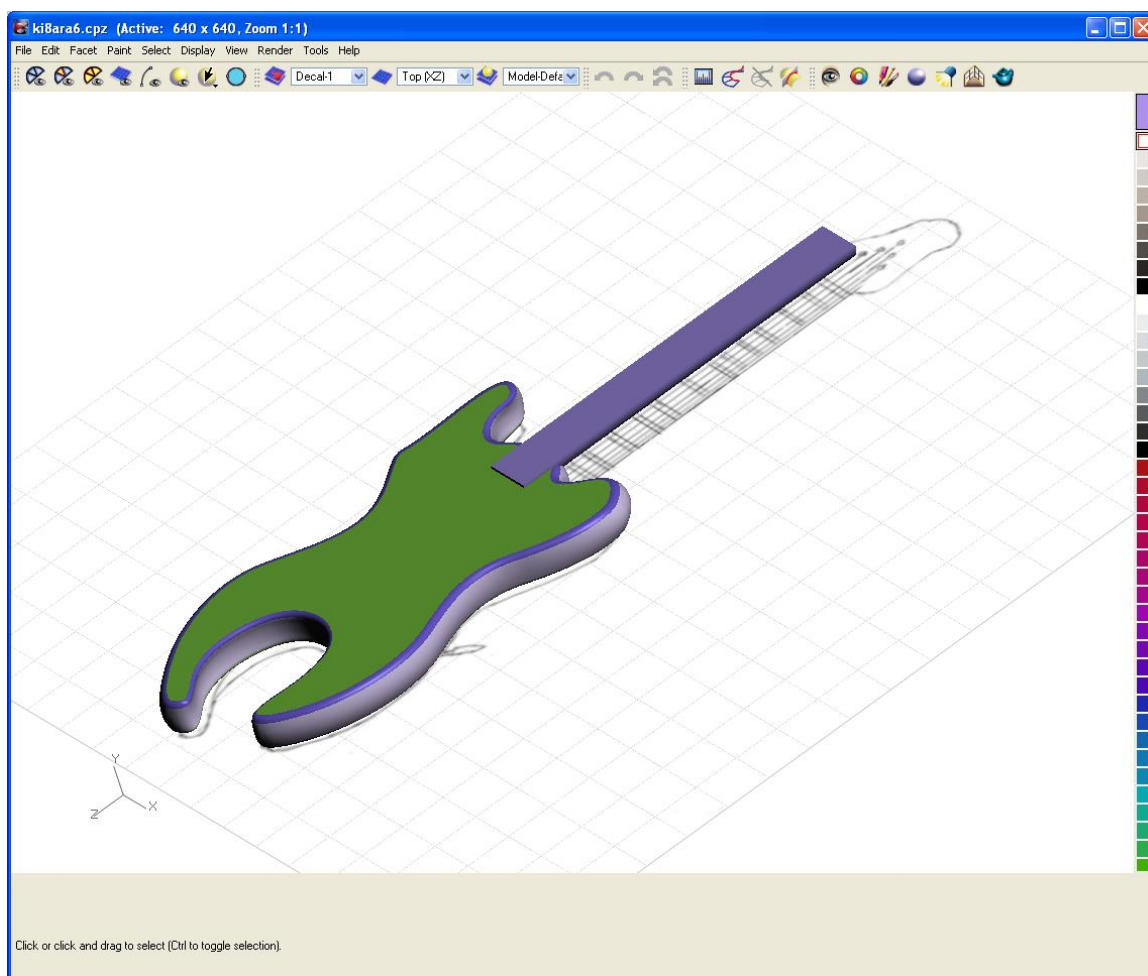
Εικόνα 35: Primitives στο Pro/Concept

Επιλέγουμε από το Primitives menu το **Cylinder primitive** . Δίνουμε κάποιες αρχικές διαστάσεις κοντά στις τελικές (π.χ.: να έχει περίπου το μήκος που καθορίζεται από το σκίτσο) και μετά επιλέγουμε το **Line Tool**  και φτιάχνουμε μια γραμμή σε μια από τις βάσεις του κυλίνδρου. Πατώντας το **Shift** κάνουμε Snap στη γραμμή δηλαδή την κολλάμε πάνω στη βάση. Κάνουμε **Extrude** τη γραμμή κατά μήκος λίγο μεγαλύτερο από αυτό του κυλίνδρου (Εικόνα 36) και με επιλεγμένη την extruded επιφάνεια πατάμε το **Boolean Tool**.



Εικόνα 36: Extrude Tool

Επιλέγουμε την επιφάνεια του κυλίνδρου, θέτουμε τύπο **Intersect** και κάνουμε click και στο **Merge Option** ούτως ώστε να έχουμε ως αποτέλεσμα μια ενιαία επιφάνεια. Στη συνέχεια με το **Xform Tool** μετατοπίζουμε το μπράτσο μέσα στην κιθάρα στην θέση που ορίζεται στο σκίτσο και ρυθμίζουμε τις διαστάσεις του ώστε να ταιριάζει με αυτές του σκίτσου μας (Εικόνα 37).

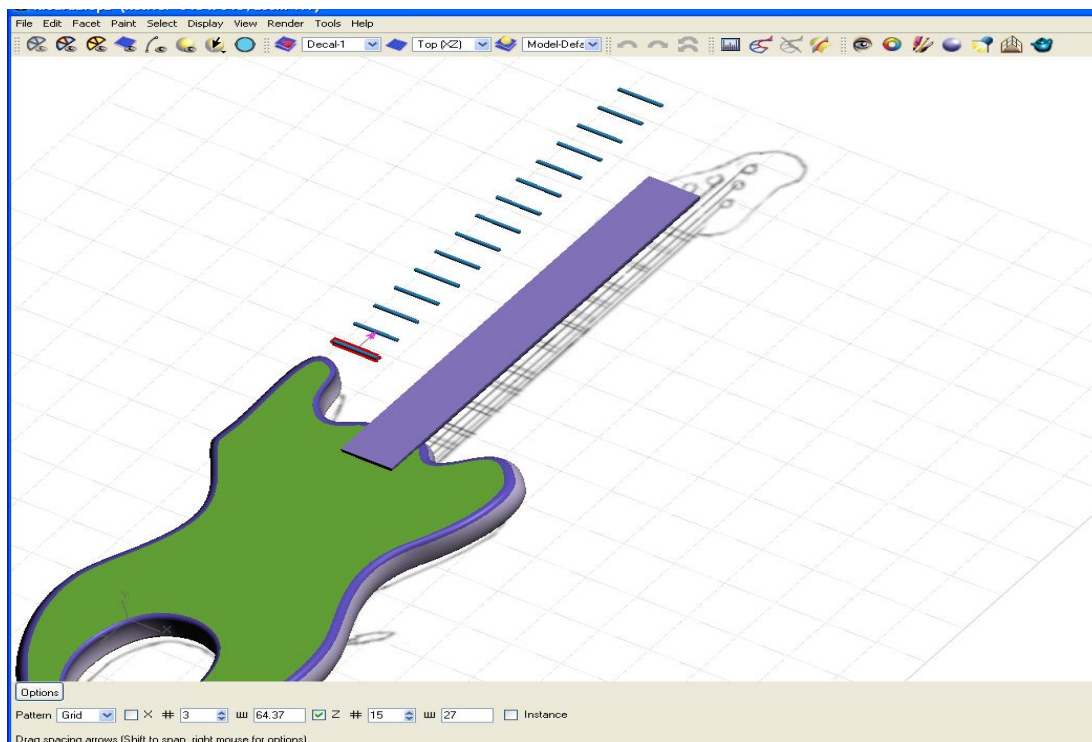


Εικόνα 37:Μπράτσο κιθάρας

3.2.4 Τάστα, διακόπτες, μαγνήτες κιθάρας

Ξεκινάμε με τα τάστα. Από το **Primitives menu** επιλέγουμε πάλι το **Cylinder primitive**. Ρυθμίζουμε τις διαστάσεις του κυλίνδρου ώστε να ταιριάζει στη θέση που ορίζεται από το sketch και με το **Xform Tool** τον περιστρέφουμε (rotate) στον άξονα z κατά 90^0 . Στη συνέχεια τον τοποθετούμε πάνω από το μπράτσο αφήνοντας κάποια απόσταση μεταξύ τους. Επειδή η κιθάρα έχει 15 τάστα θα χρησιμοποιήσουμε το **Pattern Tool** για να τα δημιουργήσουμε. Το **Pattern Tool** δημιουργεί αντίγραφα της επιλεγμένης γεωμετρίας και τα διατάσσει στο χώρο προς μια κατεύθυνση, προς δυο κατευθύνσεις ή σε κυκλική διάταξη.

Επιλέγουμε το σώμα της κιθάρας και το μπράτσο και πατάμε F2 ούτως ώστε να απομονώσουμε τον κύλινδρο και το σκίτσο μας. Επιλέγουμε τον κύλινδρο και στη συνέχεια πατάμε **Edit**→**Pattern** και επιλέγουμε μόνο το κουτάκι της κατεύθυνσης του άξονα z, δηλαδή τα αντίγραφα θα διατάσσονται στον άξονα z. Επίσης θέτουμε αριθμό αντιγράφων 15 (#15) και distance (απόσταση) 27 (Εικόνα 38).



Εικόνα 38: Pattern Tool

Αφού τα τοποθετήσουμε ένα προς ένα στη θέση που ορίζεται από το σκίτσο με χρήση του **Xform** και μετατόπιση στον άξονα z, τα επιλέγουμε όλα και πατάμε F4 για να επανεμφανιστούν τα κρυμμένα στοιχεία. Στη συνέχεια με το **Xform** τα τοποθετούμε στη σωστή θέση πάνω στο μπράτσο της κιθάρας με μετατόπιση στον άξονα y.

Τους διακόπτες της κιθάρας θα τους δημιουργήσουμε με Primitives. Κάθε διακόπτης θα αποτελείται από ένα Soap primitive κυλινδρικού (cylinder) τύπου με οπή (Hole), ένα Cylinder primitive και από ένα Torus Primitive που θα χρησιμεύσει σαν δείκτης. Στην αρχή θα φτιάξουμε ένα διακόπτη και μετά θα χρησιμοποιήσουμε το Duplicate Tool για να δημιουργήσουμε τους άλλους δύο.

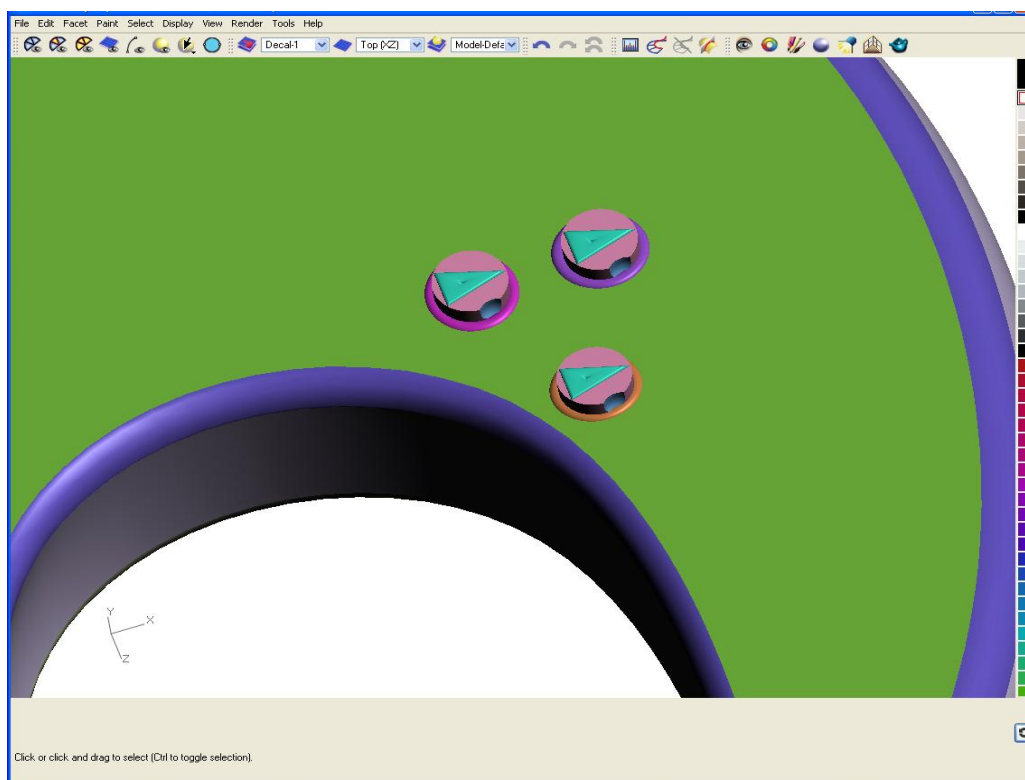
Επιλέγουμε το **Soap primitive** και θέτουμε τύπο cylinder κάνοντας κλικ στην επιλογή **Hole** (οπή). Αφού καθορίσουμε τις διαστάσεις σύμφωνα με το σκίτσο, τόσο στο ύψος όσο και στις ακτίνες, το τοποθετούμε με το **Xform** στη σωστή θέση πάνω στην κιθάρα σύμφωνα με το σκίτσο αποκρύπτοντας το σώμα της κιθάρας με το F2 για να διευκολυνθεί η μετακίνηση. Στη συνέχεια, επιλέγουμε το **Cylinder primitive** και το τοποθετούμε με το **Xform** μέσα στο Soap primitive που δημιουργήσαμε προηγουμένως αφού καθορίσουμε σωστά τις διαστάσεις ακτίνας και ύψους. Έπειτα, επιλέγουμε από το



Soap primitive τύπο **Torus** με segments radial 3 και sides 50. Προσαρμόζουμε τις διαστάσεις του ώστε να μοιάζει με δείκτη και το τοποθετούμε πάνω στο Cylinder Primitive που δημιουργήσαμε πριν. Τέλος, θα δημιουργήσουμε εγκοπές στο διακόπτη για να προσαρμόζει το δάχτυλο με το **Router Tool**. Το Router Tool δημιουργεί εγκοπές μέσω προβολής καμπυλών πάνω σε επιφάνειες. Επιλέγουμε το **Line Tool** και δημιουργούμε ένα μικρό ευθύγραμμο τμήμα κατά μήκος του **Cylinder primitive**.

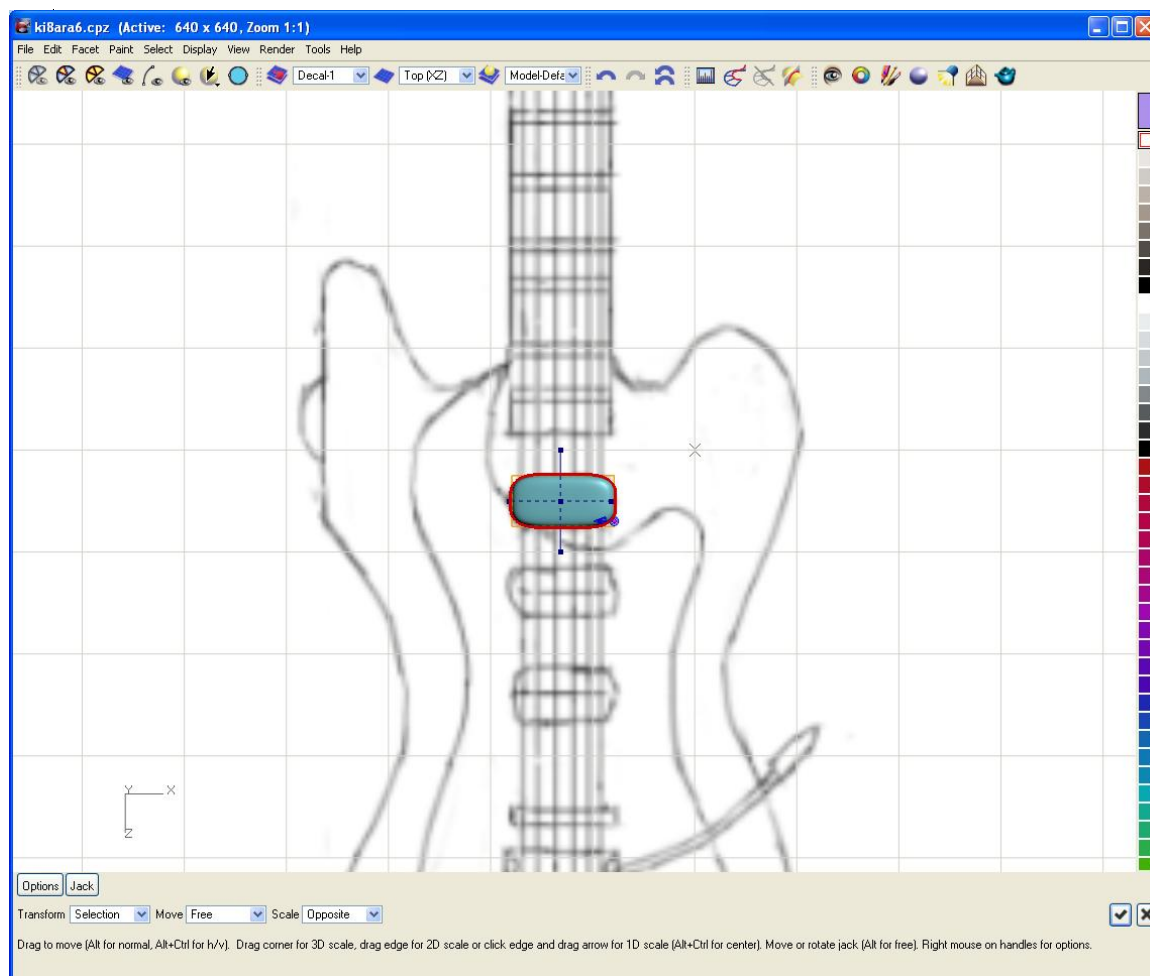


Επιλέγουμε το **Router Tool** και στη συνέχεια διαδοχικά το Cylinder primitive και το ευθύγραμμο τμήμα και κάνουμε μεσαίο κλικ μπαίνοντας έτσι στο μενού του Router Tool. Θέτουμε σαν τύπο router Straight με Radius 3, Depth 1 και Flat 0 με Segments 10. Η διαδικασία ολοκληρώνεται αφού επιλέξουμε τα primitives που δημιουργήσαμε και πατήσουμε Edit→Duplicate φτιάχνοντας άλλους δυο διακόπτες και τοποθετώντας τους στην ανάλογη θέση (Εικόνα 39).



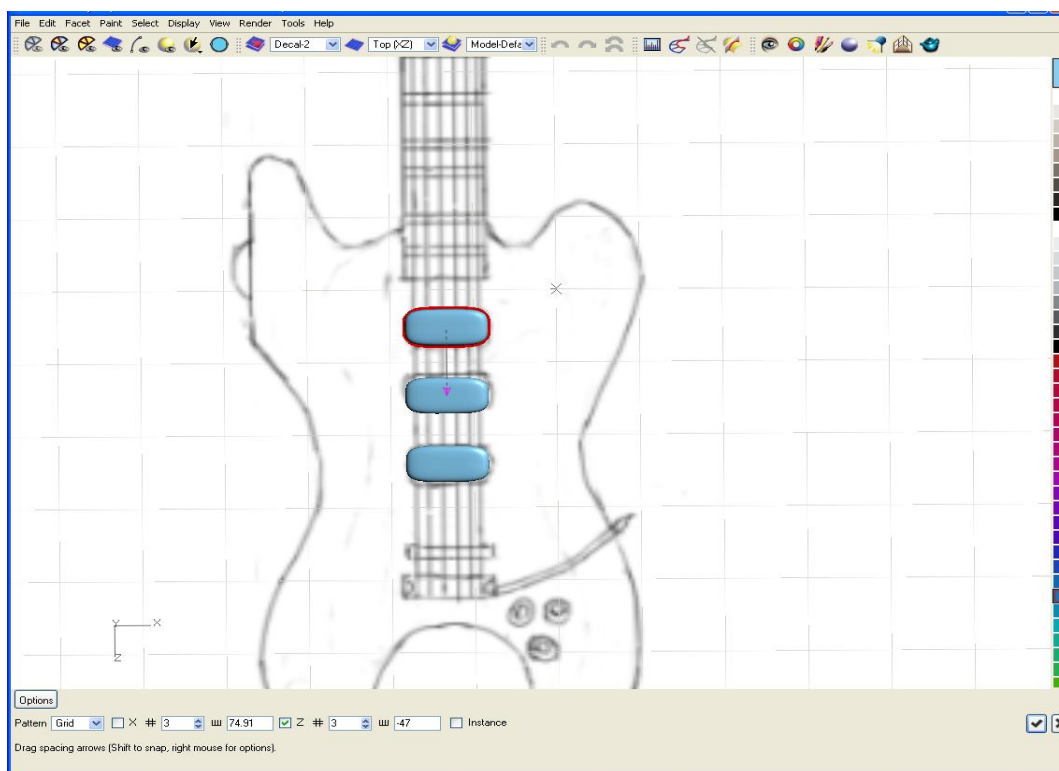
Εικόνα 39: Διακόπτες κιθάρας όπου διακρίνονται οι εγκοπές του Router Tool

Οι μαγνήτες της κιθάρας είναι Soap primitives κυβικού (cube) τύπου. Επιλέγουμε το **Soap primitives Tool** και θέτουμε τύπο cube. Με το **Xform Tool** μετατοπίζουμε το primitive στην θέση που ορίζεται από το σκίτσο. Η μετατόπιση ενός αντικειμένου γίνεται επιλέγοντας το κίτρινο πλαίσιο του Xform και οδηγώντας το στην επιθυμητή θέση με το ποντίκι ορίζοντας κάθε φορά ως προς ποιον άξονα εκτελείται η μετατόπιση. Η μετατόπιση ενός αντικειμένου είναι ευκολότερη όταν επιλέξουμε να αποκρύψουμε στοιχεία γεωμετρίας και αντικείμενα που παρεμβάλλονται στο χώρο. Αυτό γίνεται επιλέγοντας αυτά τα αντικείμενα και πατώντας το πλήκτρο συντόμευσης F2. Επιλέγουμε λοιπόν το σώμα της κιθάρας και το αποκρύπτουμε με το πλήκτρο F2. Αφού τοποθετηθεί σωστά το στοιχείο που θέλουμε, με το πλήκτρο συντόμευσης F4 επανεμφανίζουμε τα κρυμμένα αντικείμενα. Η απόκρυψη και επανεμφάνιση στοιχείων είναι χρήσιμη και στον καθορισμό διαστάσεων αντικειμένων σε σχέση με το σκίτσο όταν ανάμεσα στο σκίτσο και στο αντικείμενο παρεμβάλλονται άλλα αντικείμενα (Εικόνα 40).



Εικόνα 40: Η απόκρυψη του σώματος της κιθάρας βοηθά στην ακριβή τοποθέτηση και καθορισμό διαστάσεων σε σχέση με το σκίτσο.

Στη συνέχεια πατάμε Edit→Pattern Tool και επιλέγουμε ως κατεύθυνση αντιγραφής τον άξονα z και θέτουμε απόσταση -47 (Εικόνα 41). Μετά την τοποθέτηση των μαγνητών επανεμφανίζουμε το σώμα της κιθάρας με το πλήκτρο F4.



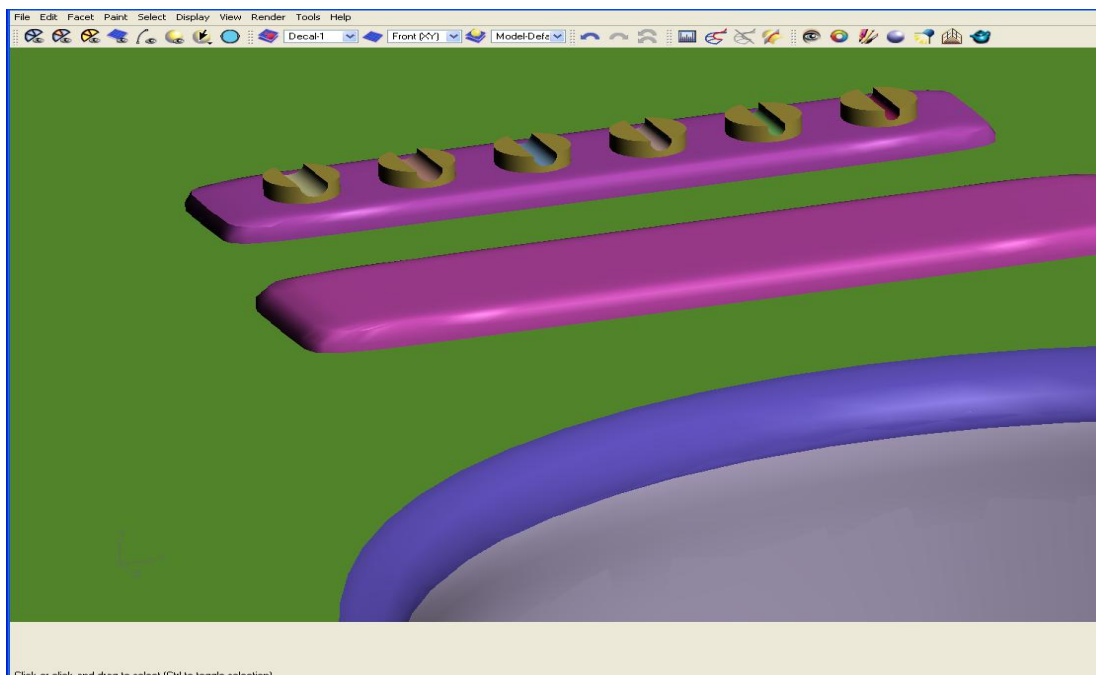
Εικόνα 41: Μαγνήτες με Pattern Tool

3.2.5 Γέφυρες

Για την πρώτη γέφυρα επιλέγουμε **Soap primitive** τύπου κύβου (cube) και θέτουμε τις εξής τιμές στις ρυθμίσεις: Segments radial 100, Height 35, Roundness: side 0,2 και end 0,2. Με το **Xform Tool** καθορίζω τις διαστάσεις του και το τοποθετώ στην σωστή θέση πάνω στην κιθάρα όπως ορίζεται από το σκίτσο. Έπειτα, επιλέγουμε το **Cylinder primitive Tool** με το οποίο θα φτιάχνουμε τα κρατήματα των χορδών τις κιθάρας. Θέτουμε στον κύλινδρο ύψος 5 και ακτίνες 2,5 και με το **Pattern Tool** δημιουργούμε 6 αντίγραφα τα οποία διατάσσουμε στον άξονα x. Έπειτα, με το **Xform Tool**, τοποθετούμε το σύνολο των κυλίνδρων μέσα στη γέφυρα στις κατάλληλες θέσεις.

Στη συνέχεια θα δημιουργήσουμε εγκοπές στην πάνω επιφάνεια των κυλίνδρων ούτως ώστε να εφαρμόζουν οι χορδές. Αυτό θα το κάνουμε με το Router Tool. Επιλέγουμε το **Line Tool** και φτιάχνουμε μια διάμετρο πάνω στον πρώτο κύλινδρο. Με πατημένο το πλήκτρο Shift κάνουμε snap την γραμμή πάνω στον κύλινδρο, δηλαδή κολλάμε την γραμμή στην πάνω επιφάνεια του κυλίνδρου. Με το **Pattern Tool**

δημιουργούμε 6 αντίγραφα διατεταγμένα στον άξονα x (η ιδιότητα του snap πάνω στους κυλίνδρους διατηρείται για κάθε γραμμή που δημιουργήθηκε μέσω του Pattern Tool). Στη συνέχεια, επιλέγουμε το **Router Tool** και διαδοχικά τον πρώτο κύλινδρο και πρώτη γραμμή και θέτουμε #2 Router shape, Radius 1 και Depth 1. Έτσι δημιουργούμε την εγκοπή για την πρώτη χορδή. Αυτή τη διαδικασία θα την ακολουθήσουμε άλλες 5 φορές για τις υπόλοιπες χορδές μειώνοντας κάθε φορά το Radius κατά 0,1. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην Εικόνα 42.



Εικόνα 42: Γέφυρες-κρατήματα χορδών

Η δεύτερη γέφυρα δημιουργείται όπως η πρώτη, είναι δηλαδή ένα απλό Soap primitive τύπου cube τοποθετημένο με το Xform Tool στην αντίστοιχη θέση.

3.2.6 Headstock κιθάρας

Για να διευκολυνθούμε στην δημιουργία της κεφαλής (headstock) της κιθάρας θα αποκρύψουμε όλα τα αντικείμενα που έχουμε δημιουργήσει επιλέγοντας τα και πατώντας το πλήκτρο F2. Έπειτα, επιλέγουμε το **Soap primitive Tool** και θέτουμε τύπο κύβο (cube) και τις εξής ρυθμίσεις: Segments radial 60, Height 35, Roundness: side 0,3

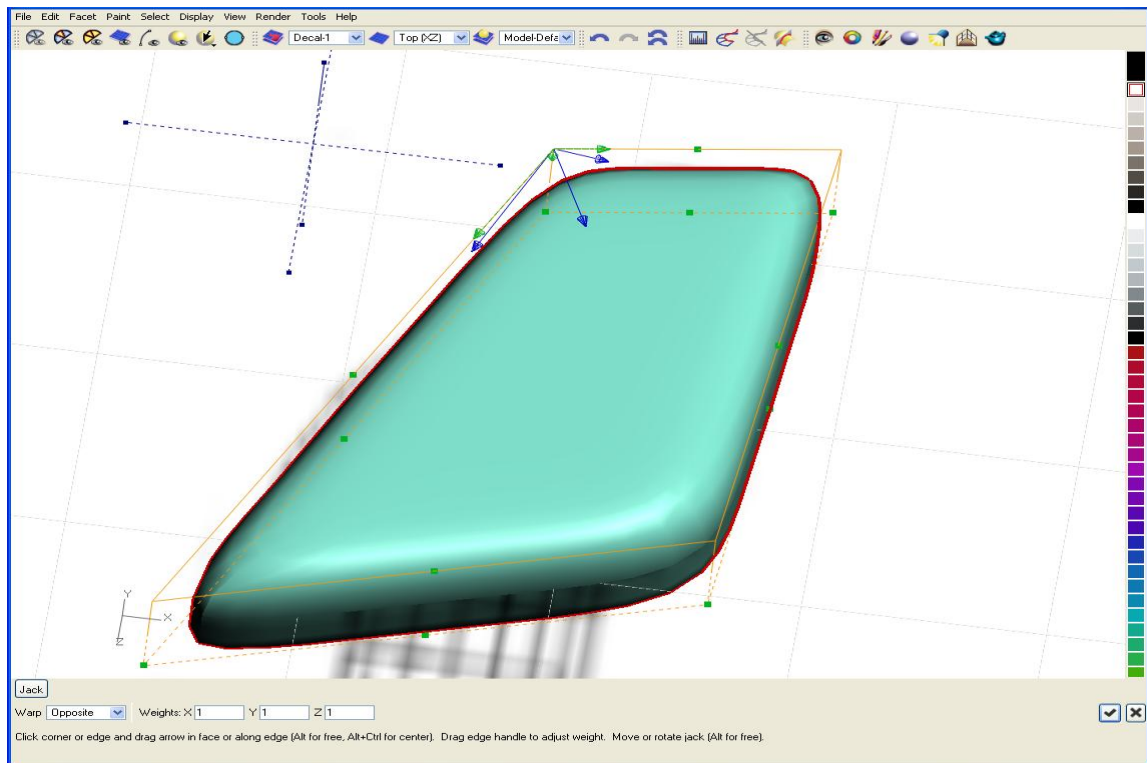
και end 0,3. Επειδή το σχήμα της κεφαλής δεν μπορεί να δημιουργηθεί άμεσα με τα Primitive Tools θα χρησιμοποιήσουμε τα **Warp** και **Mesh Tools** που είναι εργαλεία τοπικής διαμόρφωσης-παραμόρφωσης.



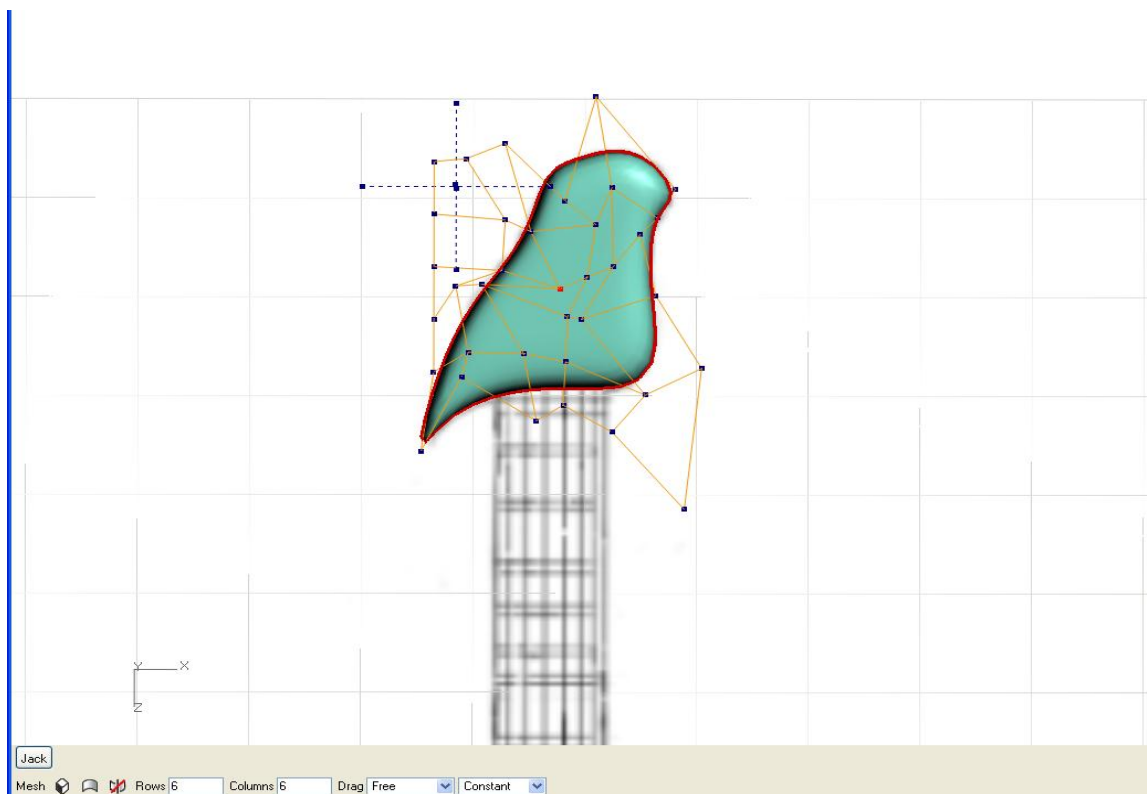
Επιλέγουμε το soap και στη συνέχεια το **Warp Tool**. Το Warp Tool επιτρέπει πολύ γενικές τροποποιήσεις στην επιλεγμένη γεωμετρία. Γύρω από την επιλεγμένη γεωμετρία εμφανίζεται ένα πλαίσιο το οποίο περιέχει λαβές με τον χειρισμό των οποίων επιτυγχάνονται οι τροποποιήσεις που επιθυμούμε. Οι λαβές βρίσκονται είτε στις γωνίες του πλαισίου, είτε στις πλευρές του είτε στις ακμές του. Χρησιμοποιώντας κατάλληλα τις λαβές δίνουμε στο soap την ακόλουθη μορφή (Εικόνα 43).



Την τελική μορφή θα την δώσουμε με το **Mesh Tool**. Επιλέγουμε το soap και στη συνέχεια το **Mesh Tool**. Το Mesh Tool διαθέτει ένα ορθογωνικό πλέγμα σημείων τα οποία μετακινούμε είτε ξεχωριστά είτε ομαδικά με σκοπό να μεταβάλλουμε την επιλεγμένη γεωμετρία. Ο αριθμός των σημείων του πλέγματος καθώς και το που θα εμφανίζεται το πλέγμα ορίζονται από τον χρήστη. Όσο περισσότερα σημεία έχουμε στο πλέγμα τόσο πιο εύκολα προσεγγίζουμε την επιθυμητή γεωμετρία αλλά έπειτα από μερικές μετακινήσεις σημείων ενδέχεται να δυσκολέψει ο χειρισμός τους. Αφού καταλήξουμε στην επιθυμητή μορφή επιλέγουμε **Facet**→**Smooth** και θέτουμε τιμή 100% έτσι ώστε να γίνουν όσο το δυνατό πιο λείες οι επιφάνειες του αντικειμένου και να εξαλειφθούν τσακίσματα που τυχόν δημιουργήθηκαν από το Mesh Tool. Το αποτέλεσμα, έπειτα από την τοποθέτηση της κεφαλής στη σωστή θέση με το Xform Tool, φαίνεται στην Εικόνα 44.



Εικόνα 43: Warp Tool και λαβές διαμόρφωσης



Εικόνα 44: Mesh Tool και πλέγμα σημείων

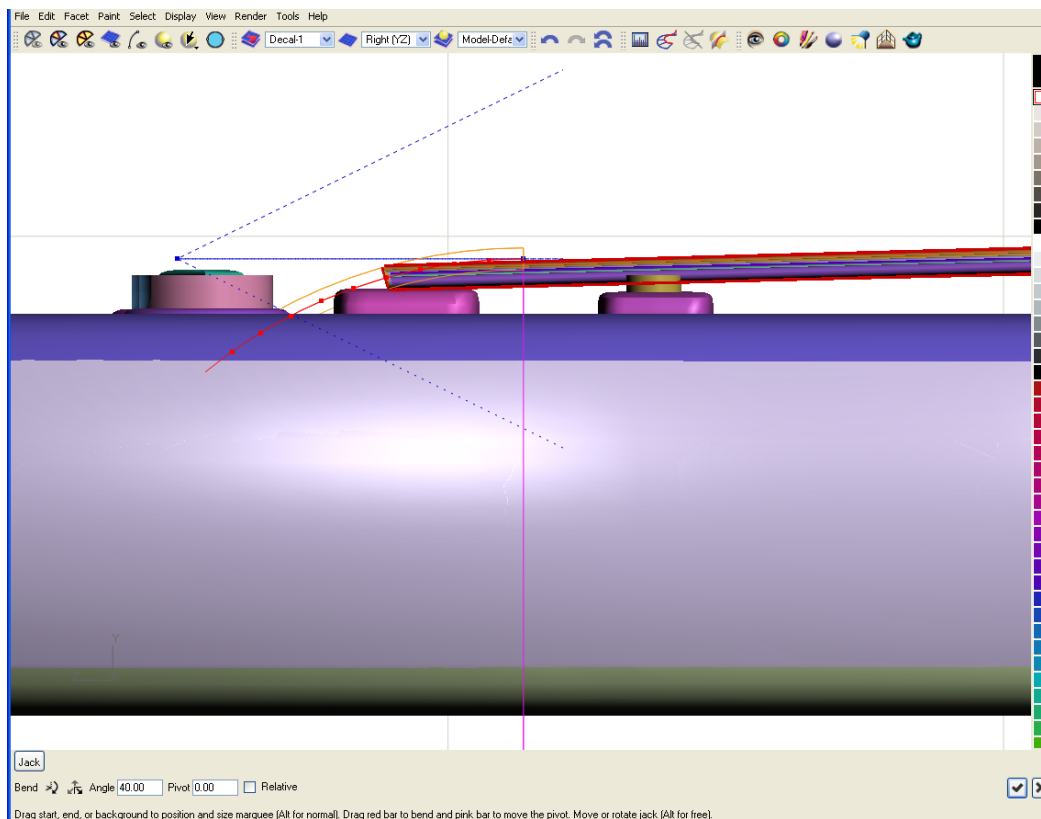
3.2.7 Χορδές και κλειδιά

Θα δημιουργήσουμε τις χορδές με **Cylinder Primitives**. Η ακτίνα για κάθε χορδή θα μεταβάλλεται από 1 έως 0,5 έτσι ώστε να ταιριάζουν με τα αντίστοιχα κρατήματα που δημιουργήσαμε προηγουμένως στην πρώτη γέφυρα (βλ. Παράγραφο 3.2.5). Έπειτα τις τοποθετούμε μια προς μια μέσα στις εγκοπές με το Xform Tool.

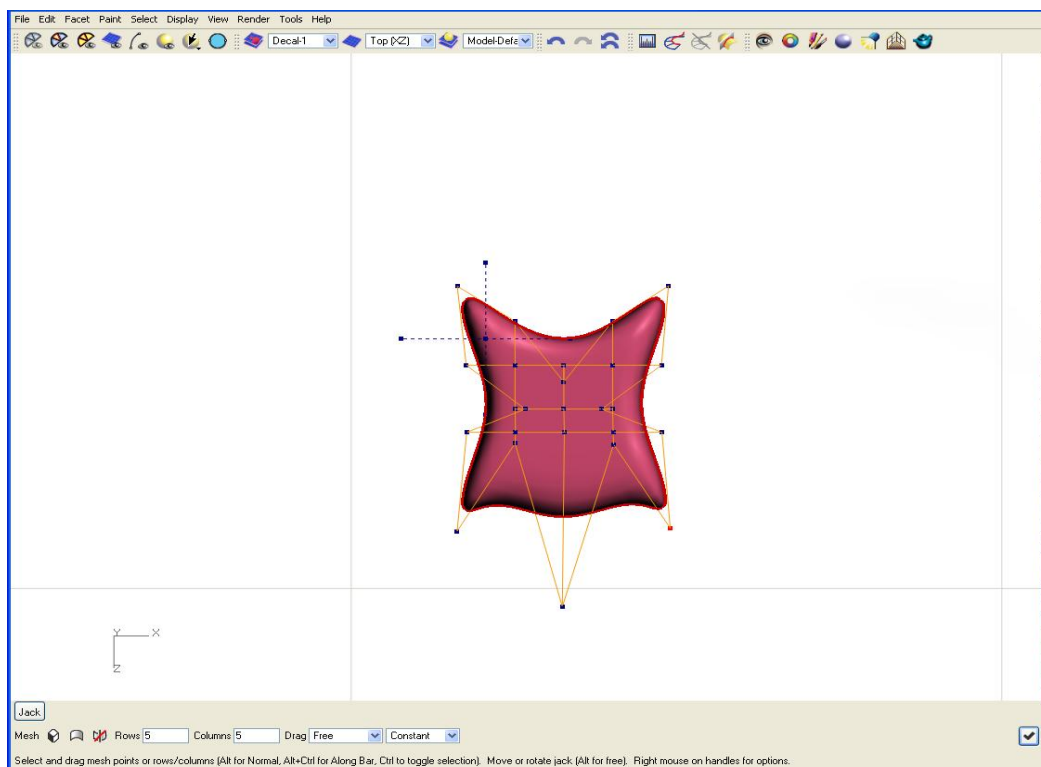
Στη συνέχεια θα χρησιμοποιήσουμε το **Bend Tool** για να τις λυγίσουμε στην άκρη έτσι ώστε να μπουν μέσα στην δεύτερη γέφυρα. Το Bend Tool χρησιμεύει στο να επιβάλλουμε κάμψη σε κάποιο αντικείμενο μέσα από ένα πλαίσιο που εμφανίζεται γύρω αυτό. Ο άξονας της κάμψης, η κατεύθυνσή της καθώς και τα τμήματα του αντικειμένου που θα υποβληθούν στην κάμψη ορίζονται άμεσα από τον χρήστη.

Επιλέγουμε λοιπόν τις χορδές και στη συνέχεια το **Bend Tool** . Γύρω από τις χορδές εμφανίζεται ένα πλαίσιο καθώς και οι άξονες γύρω από τους οποίους πραγματοποιείται η κάμψη. Κάνοντας κλικ πάνω στο πλαίσιο το μετακινούμε στο κάτω μέρος των χορδών μετά τις εγκοπές και επιβάλλουμε κάμψη προς το σώμα της κιθάρας (Εικόνα 45). Η κάμψη πραγματοποιείται κάνοντας κλικ σε μια από τις κόκκινες κουκίδες και μετακινώντας την κατά την φορά που επιθυμούμε να κάμψουμε το αντικείμενο.

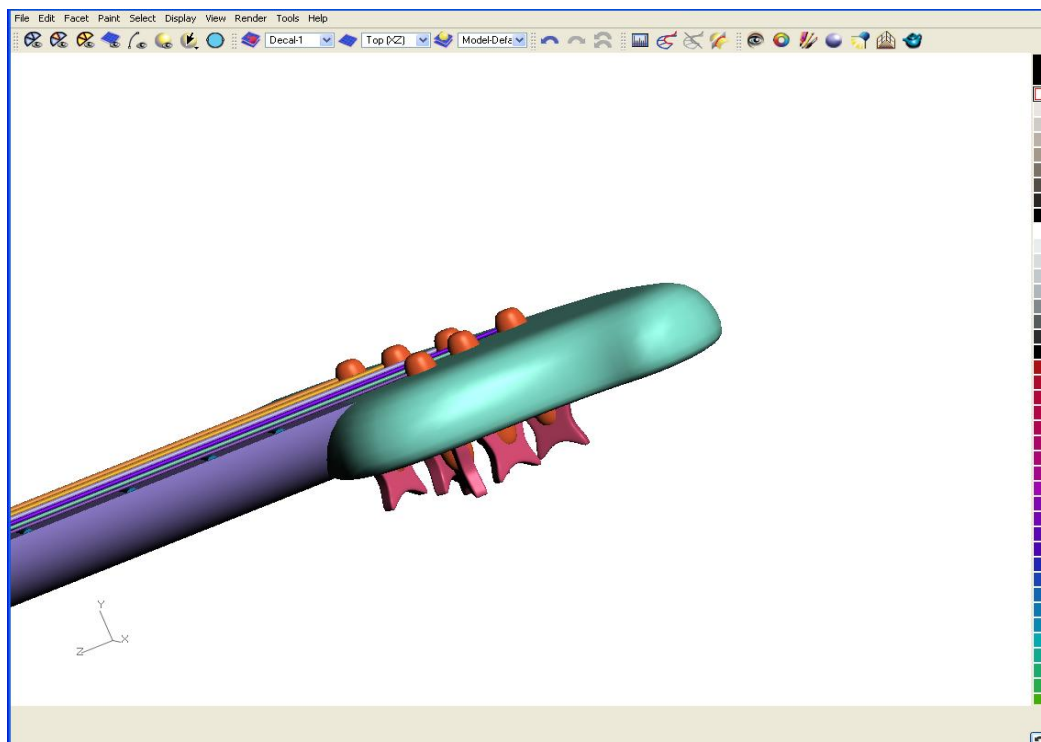
Όσον αφορά τα κλειδιά της κιθάρας αυτά αποτελούνται από δυο μέρη, τον βραχίονα και την κεφαλή. Ο βραχίονας είναι Soap primitive τύπου cylinder με διαστάσεις 6 στη διάμετρο και 38 στο ύψος και με το Mesh Tool παραμορφώνουμε ελαφρώς τα δυο άκρα ώστε να είναι καμπυλοειδή. Η κεφαλή είναι soap primitive τύπου cube με τις εξής ρυθμίσεις: Segments radial 200, Height 35, Roundness: side 02 και end 0,2. Έπειτα το διαμορφώνουμε με το Mesh Tool έτσι ώστε να λάβει τη μορφή της Εικόνας 46. Με το Edit→Duplicate Tool δημιουργούμε άλλα 5 αντίγραφα βραχιόνων και κεφαλών και τα τοποθετούμε με το Xform στις κατάλληλες θέσεις πάνω στην κεφαλή της κιθάρας. Οι χορδές μπαίνουν ουσιαστικά μέσα στους βραχίονες. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην Εικόνα 47.



Εικόνα 45: Bend Tool



Εικόνα 46:Κεφαλή κλειδιού κιθάρας



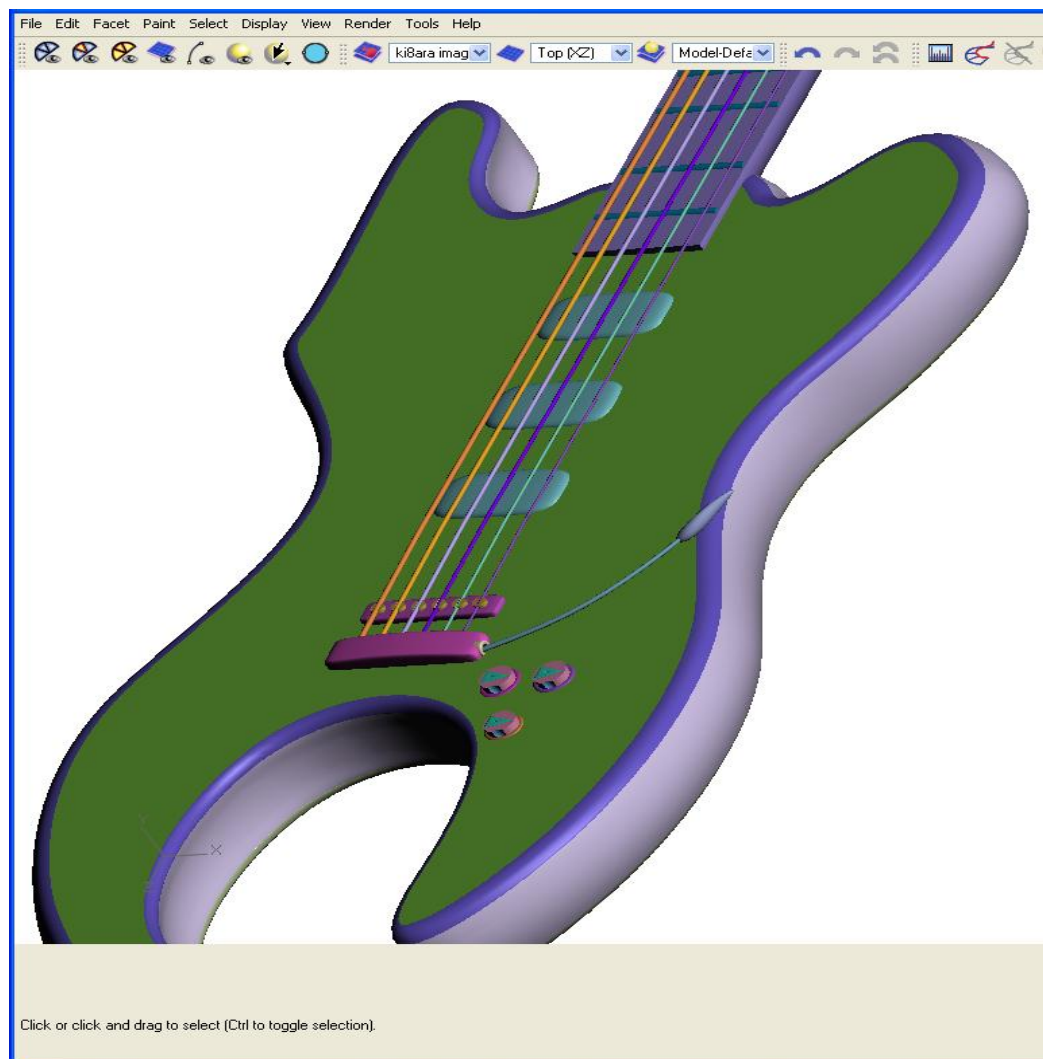
Εικόνα 47: Κλειδιά κιθάρας

3.2.8 Τρέμολο κιθάρας

Στην αρχή θα δημιουργήσουμε μια κοιλότητα στην παράπλευρη επιφάνεια της γέφυρας μέσα στην οποία θα περιστρέφεται το τρέμολο. Αυτήν την κοιλότητα θα την δημιουργήσουμε με το Router Tool. Με το **Line Tool** δημιουργούμε ένα ευθύγραμμο τμήμα κάθετο στην παράπλευρη επιφάνεια της γέφυρας με πατημένο το πλήκτρο Shift έτσι ώστε να κολλήσει (snap) πάνω στην επιφάνεια. Έπειτα επιλέγουμε το **Router Tool** και στη συνέχεια την γέφυρα και το ευθύγραμμο τμήμα. Θέτουμε δεύτερο τύπο Router και Radius 1, Depth 3 και Flat 3. Ολοκληρώνουμε την κοιλότητα τοποθετώντας από πάνω της ένα **Soap primitive** τύπου Cylinder με επιλεγμένο το κουτάκι Hole έτσι ώστε να είναι διαμπερές για να εφαρμόζει το τρέμολο. Ρυθμίζουμε κατάλληλα τις διαστάσεις του με το **Xform Tool** και το τοποθετούμε στην κατάλληλη θέση.

Το τρέμολο είναι ένα Cylinder primitive. Επιλέγουμε το **Cylinder primitive Tool** και με το Xform ρυθμίζουμε τις διαστάσεις του, οι οποίες δεν είναι συγκεκριμένες, και το περιστρέφουμε κατά 45° στον άξονα y. Έπειτα το μεταφέρουμε πάνω από τη θέση που

ορίζεται από το σκίτσο και με το Mesh Tool φέρνουμε τον κύλινδρο στην επιθυμητή μορφή κάνοντας πειράματα με τα σημεία του πλέγματος. Υπενθυμίζουμε ότι πρέπει να τοποθετούμε το πλέγμα σε διαφορετικές πλευρές και να το προσεγγίζουμε από διάφορες οπτικές γωνίες για να έχουμε καλύτερο αποτέλεσμα. Αφού καταλήξουμε στην επιθυμητή μορφή, τοποθετούμε το τρέμολο μέσα στην κοιλότητα με το Xform Tool. Στη άκρη του τρέμολου έχουμε τοποθετήσει ένα soap primitive τύπου cylinder διαμορφωμένο με το Mesh Tool για να δείχνει αιχμηρό. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην Εικόνα 48.

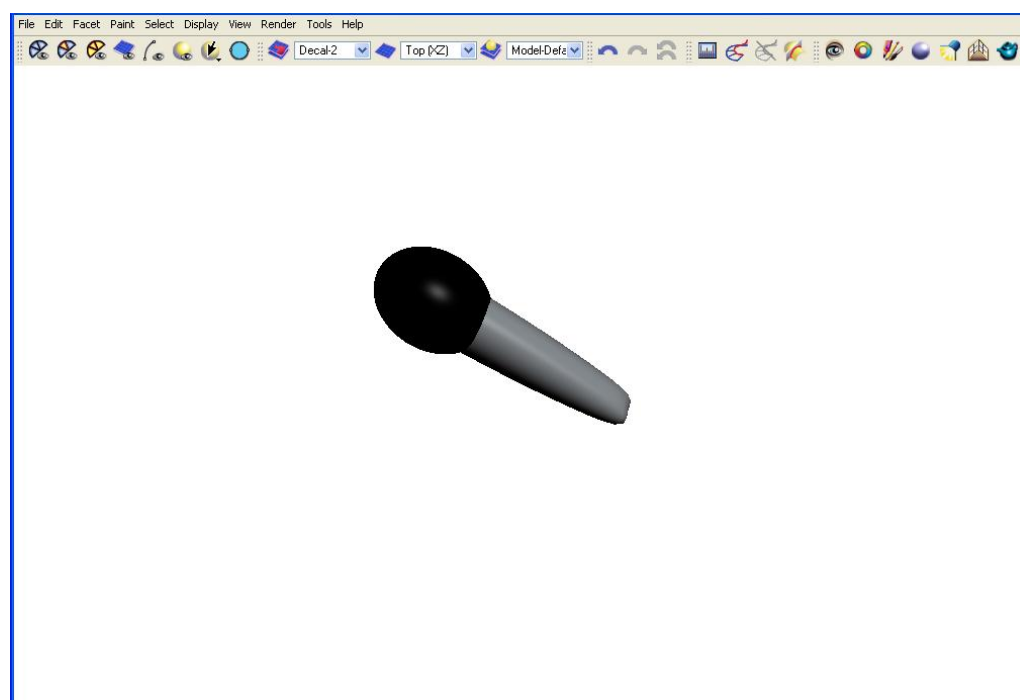


Εικόνα 48: Τρέμολο κιθάρας

3.2.9 Μικρόφωνο

Όσον αφορά το μικρόφωνο, θα παρουσιάσουμε δυο διαφορετικές περιπτώσεις. Στην πρώτη, το μικρόφωνο θα είναι μέσα στο σώμα της κιθάρας και στην δεύτερη θα το παρουσιάσουμε σε συνθήκες λειτουργίας ώστε να διακρίνεται και το καλώδιο του.

Ο κορμός του μικροφώνου είναι ένα Soap primitive τύπου κύβου το οποίο θα διαμορφώσουμε με το Mesh Tool έτσι ώστε να πάρει ελαφρώς μια κωνική μορφή. Το κεφάλι του μικροφώνου είναι μια σφαίρα (Sphere primitive) το οποίο θα το διαμορφώσουμε με το Xform Tool για να αποκτήσει σωστή αναλογία σε σχέση με τις διαστάσεις του κορμού του μικροφώνου (Εικόνα 49). Αφού ολοκληρώσουμε τη δημιουργία του μικροφώνου το τοποθετούμε με το Xform Tool στην πλαϊνή επιφάνεια της κιθάρας και έτσι προχωράμε στην δεύτερη περίπτωση.

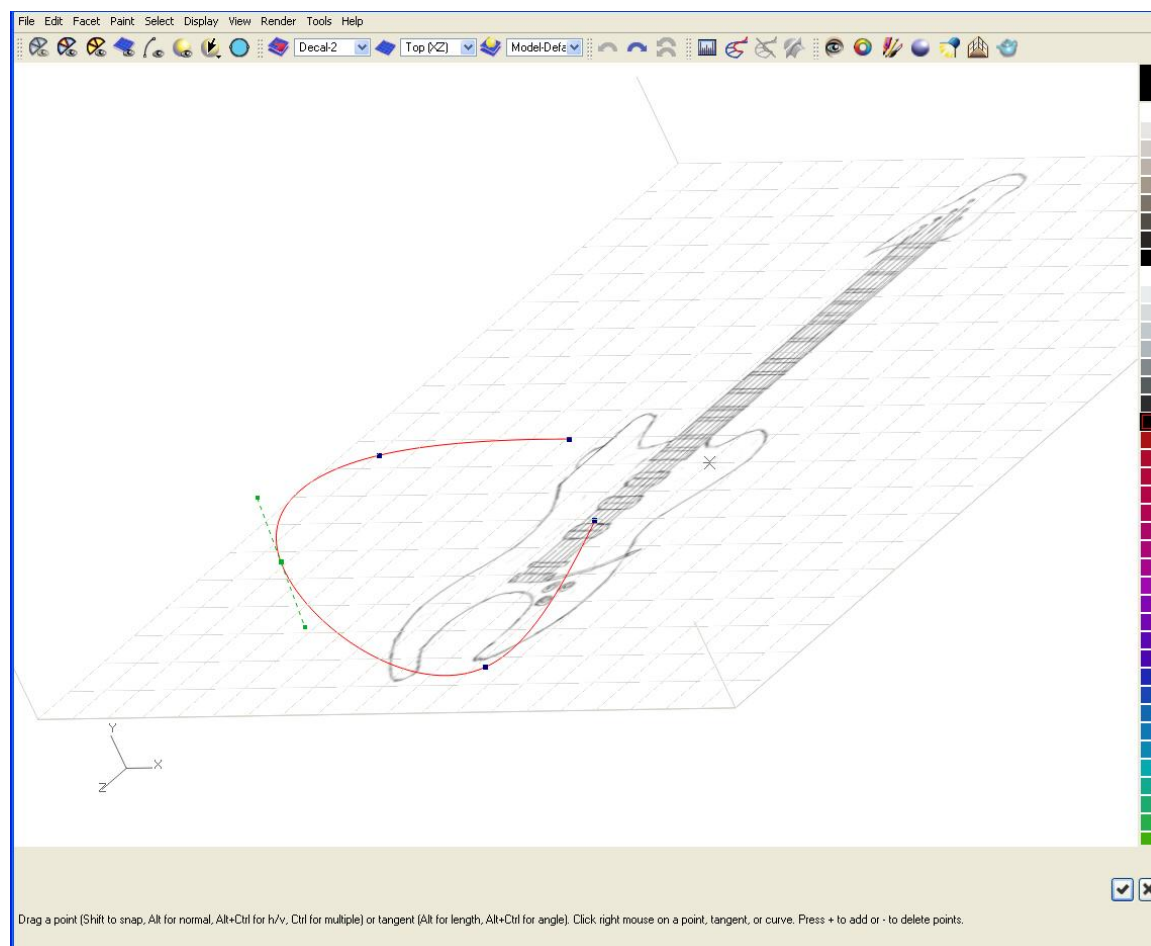


Εικόνα 49: Μικρόφωνο

Στη δεύτερη περίπτωση, το μικρόφωνο θα εμφανίζεται σε κατάσταση λειτουργίας ώστε να διακρίνεται το καλώδιο. Το καλώδιο θα το δημιουργήσουμε με το Sweep Tool (αντίστοιχο εργαλείο διαθέτει και το Pro/Engineer). Το εργαλείο αυτό δημιουργεί

επιφάνεια μέσω σάρωσης μιας καμπύλης κατά μήκος μιας καμπύλης οδηγού (οι καμπύλες οδηγοί μπορεί να είναι και περισσότερες από μια).

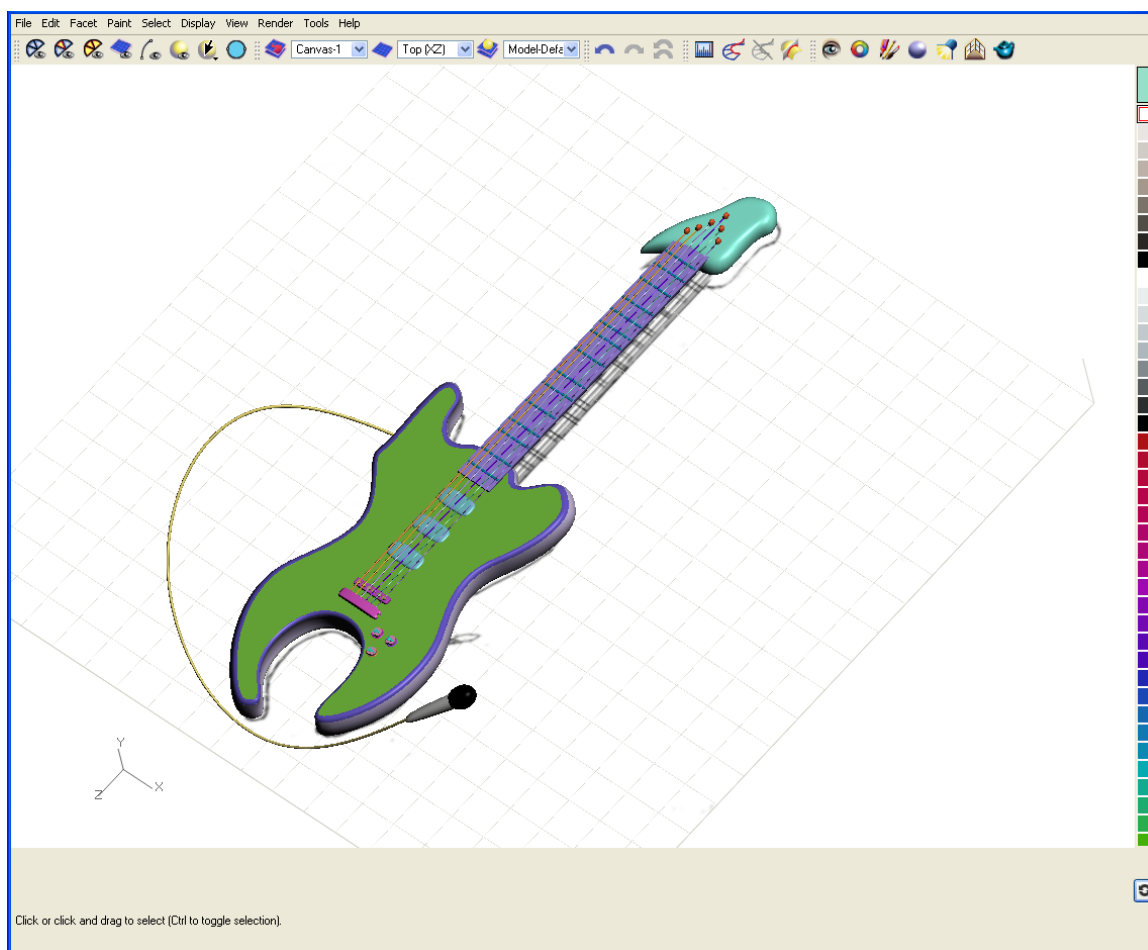
Την αρχική καμπύλη που αντιπροσωπεύει τη διατομή του καλωδίου θα την δημιουργήσουμε με το **Circle Tool**  στην πλαϊνή επιφάνεια της κιθάρας στο ύψος στο οποίο βρίσκεται η αντίστοιχη θέση του μικροφώνου. Κατά τη δημιουργία της καμπύλης-διατομής θα έχουμε πατημένο το πλήκτρο Shift έτσι ώστε η διατομή να κολλήσει πάνω στην επιφάνεια της κιθάρας. Στη συνέχεια αποκρύπτουμε τα υπόλοιπα αντικείμενα του μοντέλου για να δημιουργήσουμε την καμπύλη οδηγό με το **Curve Tool**. Η αρχή της θα βρίσκεται στο κέντρο του κύκλου που δημιουργήσαμε πριν και κατά τη δημιουργία της θα περιστρέφουμε το επίπεδο εργασίας ώστε να δημιουργήσουμε καμπύλη στο χώρο (τρισδιάστατη) όπως φαίνεται στην Εικόνα 50.



Εικόνα 50: Τρισδιάστατη καμπύλη



Στη συνέχεια, αφού ολοκληρώσουμε την καμπύλη επιλέγουμε το **Sweep Tool** και μετά διαδοχικά την καμπύλη οδηγό και την καμπύλη διατομή. Θέτουμε τύπο Radial, Segments 100 και Path 100. Με το πλήκτρο F4 εμφανίζουμε πάλι όλα τα αντικείμενα στο επίπεδο εργασίας και τοποθετώντας το μικρόφωνο στην άκρη του καλωδίου με το Xform Tool έχουμε το αποτέλεσμα της Εικόνας 51.



Εικόνα 51: Καλώδιο μικροφώνου

Αφού τελείωσε η μοντελοποίηση, μπορούμε να προχωρήσουμε στον χρωματισμό των επιφανειών και μετέπειτα στην ψηφιακή απεικόνιση (rendering) της κιθάρας όπου θα παρουσιάζονται και οι δυο περιπτώσεις που είδαμε προηγουμένως.

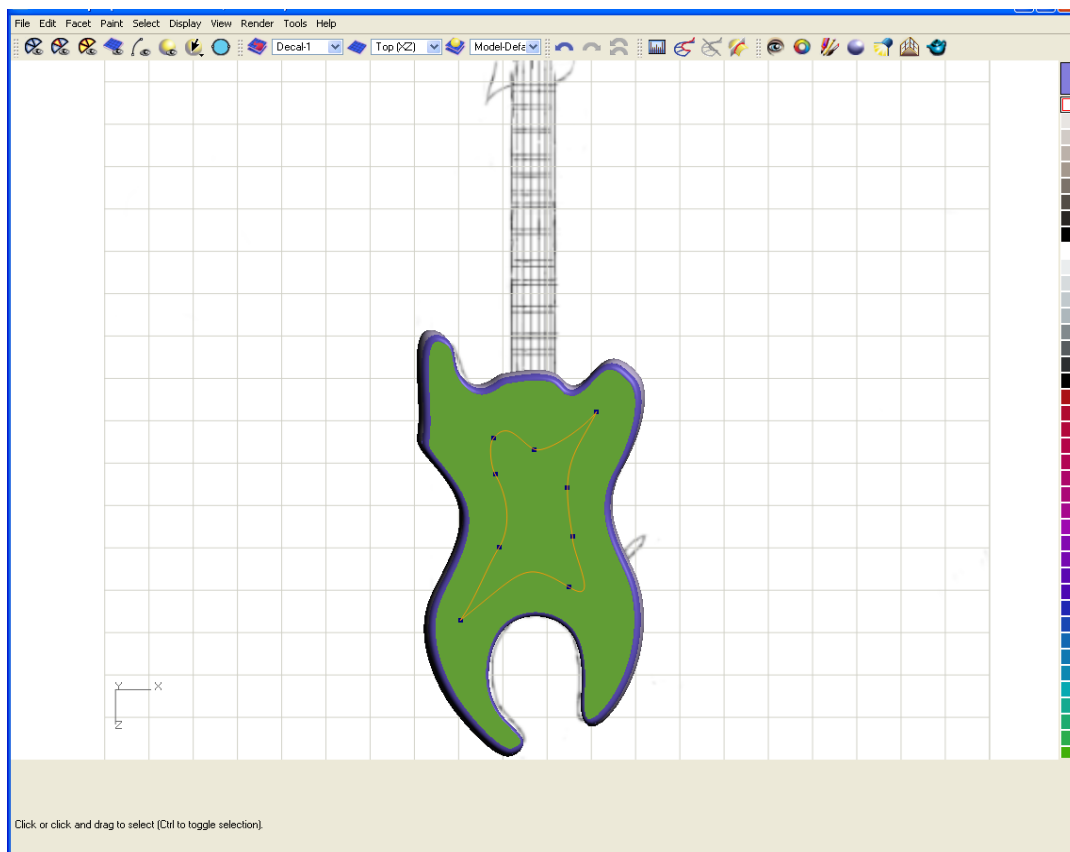
3.3 Ψηφιακή απεικόνιση (Rendering)

Η δημιουργία της ψηφιακής απεικόνισης ξεκινά με τον χρωματισμό των επιφανειών του μοντέλου. Στη συνέχεια θα ρυθμίσουμε τον φωτισμό του μοντέλου και έπειτα θα επιλέξουμε τις κατάλληλες ρυθμίσεις όσον αφορά την ανάλυση της εικόνας κ.α. ούτως ώστε να έχουμε το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

3.3.1 Χρωματίζοντας το μοντέλο

Στην όψη της κιθάρας θα δημιουργήσουμε ένα σχέδιο το οποίο θα το βάψουμε ξεχωριστά από το υπόλοιπο σώμα της κιθάρας. Για να το κάνουμε αυτό, θα απομονώσουμε το κομμάτι του σώματος της κιθάρας που αντιστοιχεί στο σχέδιο αυτό με χρήση του **Curve Tool**.

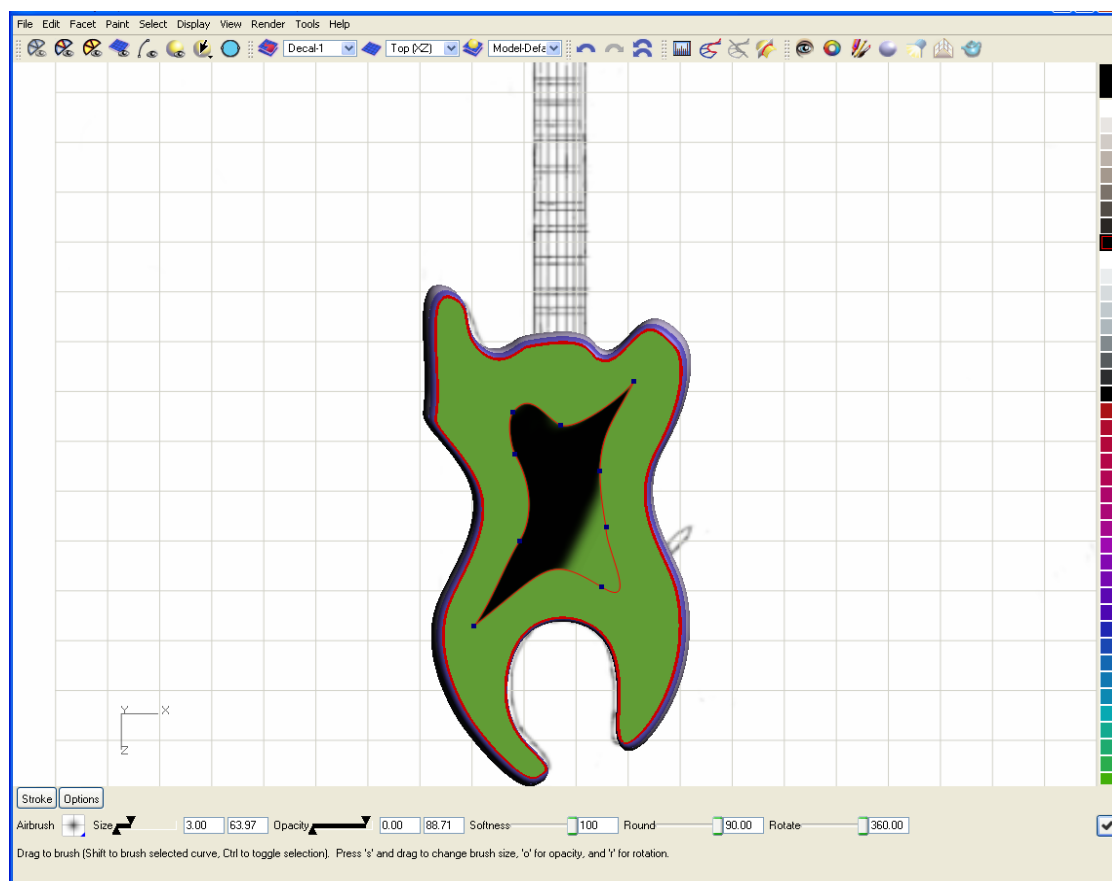
Επιλέγουμε το σώμα της κιθάρας και το απομονώνουμε με το πλήκτρο F2 αποκρύβοντας παράλληλα και τις καμπύλες του μοντέλου. Επιλέγουμε το **Curve Tool** και με διαδοχικά κλικ, πατώντας ταυτόχρονα και το πλήκτρο Shift για να κολλήσουμε την καμπύλη στην επιφάνεια, δημιουργούμε με μια κλειστή καμπύλη το σχέδιο που φαίνεται στην Εικόνα 52.



Εικόνα 52: Σχέδιο επιφάνειας κιθάρας

Θα ξεκινήσουμε το χρωματισμό της κιθάρας από το σχέδιο της επιφάνειας. Επιλέγουμε το σώμα της κιθάρας και στη συνέχεια με απλό κλικ την καμπύλη που ορίζει το σχέδιο. Η καμπύλη αυτή ονομάζεται frisket και είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται για κλειστές καμπύλες οι οποίες προστατεύουν περιοχές του μοντέλου από το να χρωματιστούν με λάθος χρώμα κατά τη διάρκεια χρωματισμού των επιφανειών του. Τα friskets προστατεύουν τόσο εντός () όσο και εκτός () της καμπύλης. Στη συνέχεια

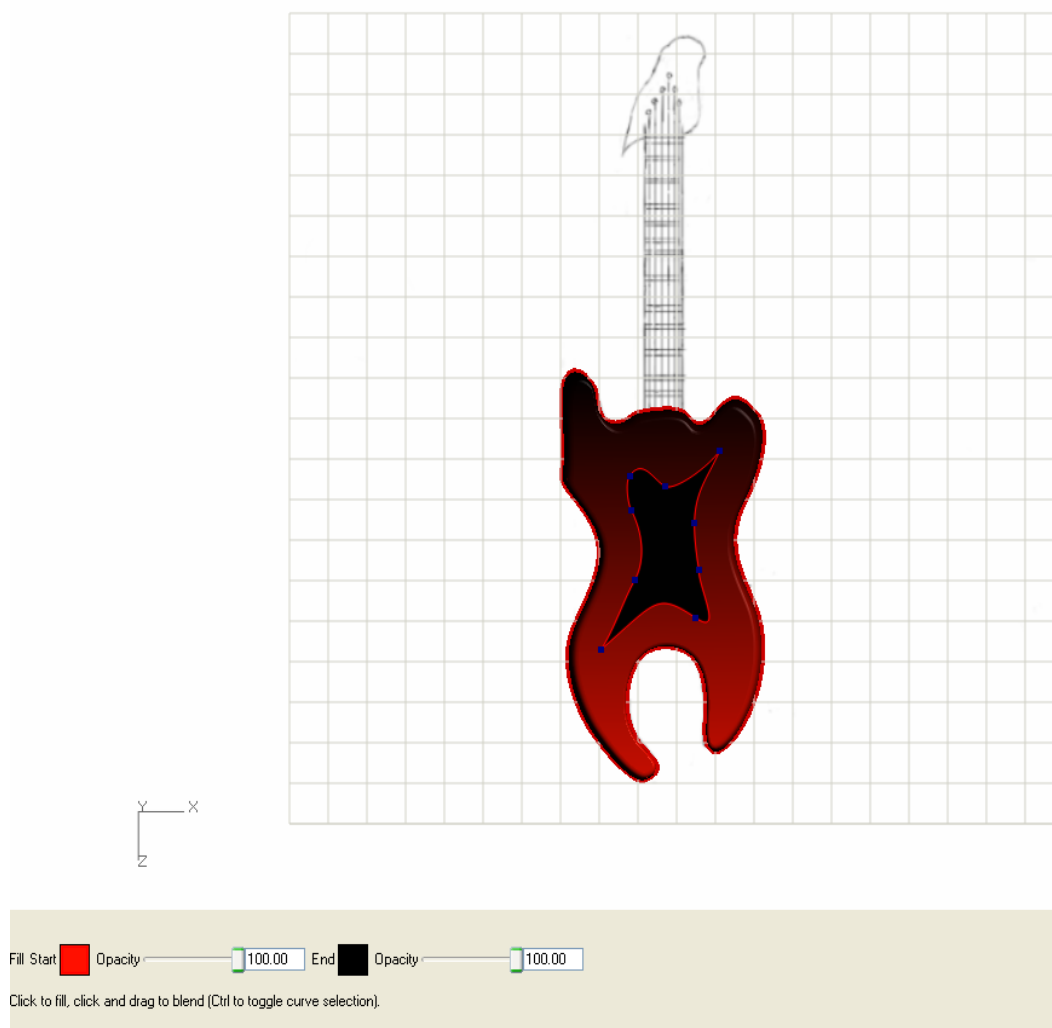
επιλέγουμε το **Airbrush Tool**  , το οποίο ουσιαστικά ψεκάζει το επιθυμητό χρώμα πάνω στην επιφάνεια και με πατημένο το αριστερό κουμπί του ποντικιού χρωματίζουμε την επιφάνεια μετακινώντας το ποντίκι στην επιλεγμένη περιοχή (Εικόνα 53).



Εικόνα 53: Airbrush Tool. Η περιοχή που χρωματίζεται είναι αυτή που περικλείεται από την καμπύλη σχεδίου (frisket) προστατεύοντας έτσι το υπόλοιπο σώμα της κιθάρας από το μαύρο χρώμα.

Το υπόλοιπο σώμα της κιθάρας θα το χρωματίσουμε με το **Fill Tool** και την ιδιότητα του Blended Color. Επιλέγουμε το σώμα της κιθάρας μαζί με την καμπύλη επιλέγοντας παράλληλα να προστατεύσουμε το εσωτερικό της καμπύλης-frisket με την επιλογή .

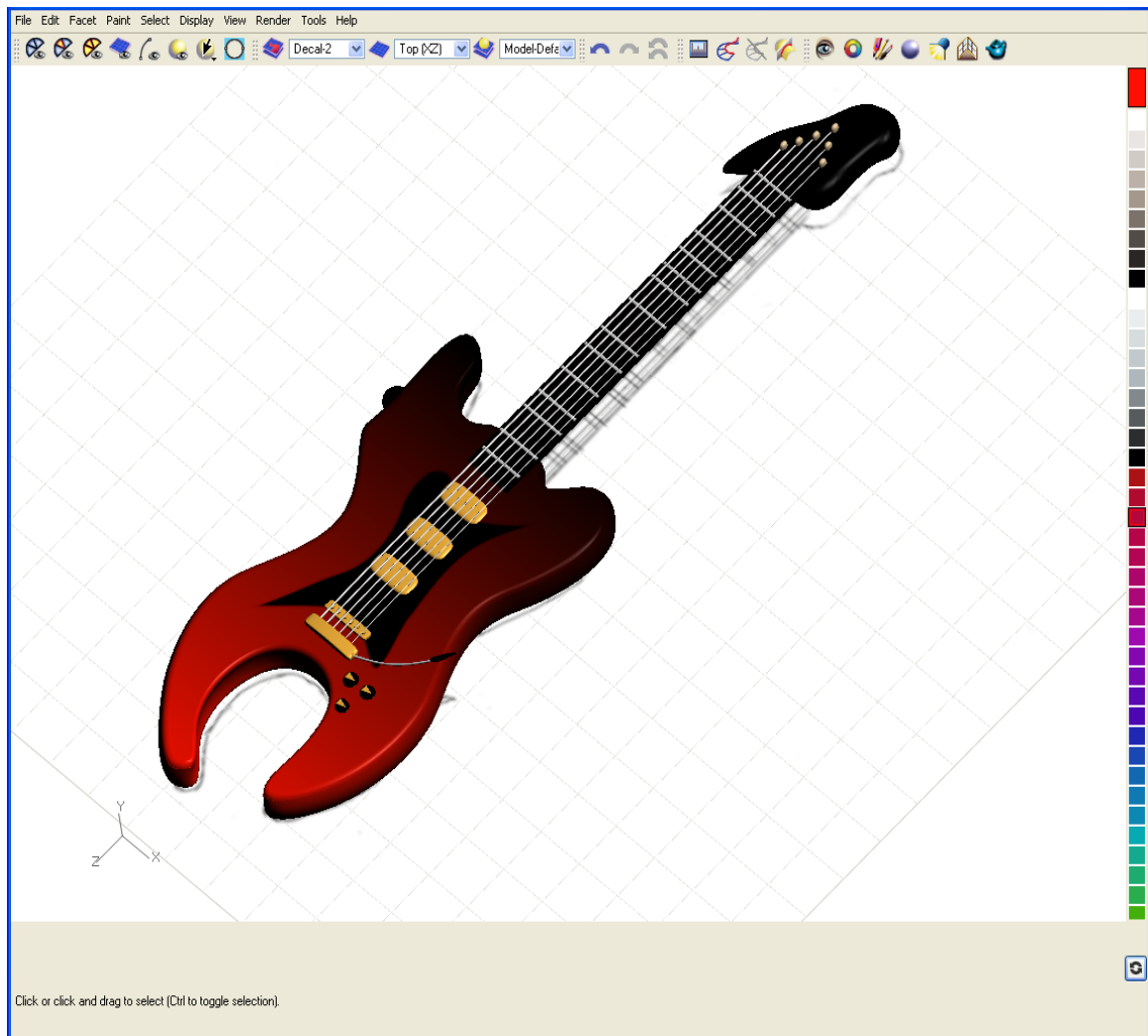
Επιλέγουμε στη συνέχεια το **Fill Tool**  και στο μενού που εμφανίζεται επιλέγουμε με διπλό κλικ το Fill start για να οδηγηθούμε στην παλέτα με τα χρώματα. Το χρώμα της κιθάρας θα είναι μια ανάμειξη κόκκινου-μαύρου ξεκινώντας από κόκκινο και καταλήγοντας σταδιακά σε μαύρο. Θέτουμε ως αρχικό χρώμα (Fill start) το κόκκινο χρώμα με τιμές H:4, S:100, B:50 και ως τελικό χρώμα (Fill end) το μαύρο με αντίστοιχες τιμές ίσες με 0. Μετά, κάνουμε κλικ στην κάτω άκρη του σώματος και μεταφέρουμε το ποντίκι στην πάνω άκρη. Απελευθερώνοντας το κουμπί του ποντικιού παρατηρούμε την ανάμειξη (blending) των δυο χρωμάτων (Εικόνα 54).



Εικόνα 54: Fill Tool με blended color. Παρατηρούμε ότι η περιοχή μέσα στην καμπύλη-frisket είναι προστατευμένη.

Ένα μειονέκτημα του Fill Tool είναι ότι χρωματίζει μόνο τις περιοχές που είναι ορατές στο ενεργό επίπεδο εργασίας. Έτσι λοιπόν, για να χρωματίσουμε τόσο τις πλάγιες επιφάνειες όσο και την πίσω επιφάνεια της κιθάρας θα πρέπει να αλλάξουμε οπτική γωνία για να γίνουν ορατές και να επαναλάβουμε την διαδικασία.

Στην Εικόνα 55 φαίνεται το αποτέλεσμα αφού χρωματίσουμε με το Fill Tool όλες τις επιφάνειες όλων των αντικειμένων του μοντέλου, χρωματίζοντας ταυτόχρονα τις επιφάνειες όμοιων αντικειμένων όπως π.χ. τα τάστα.



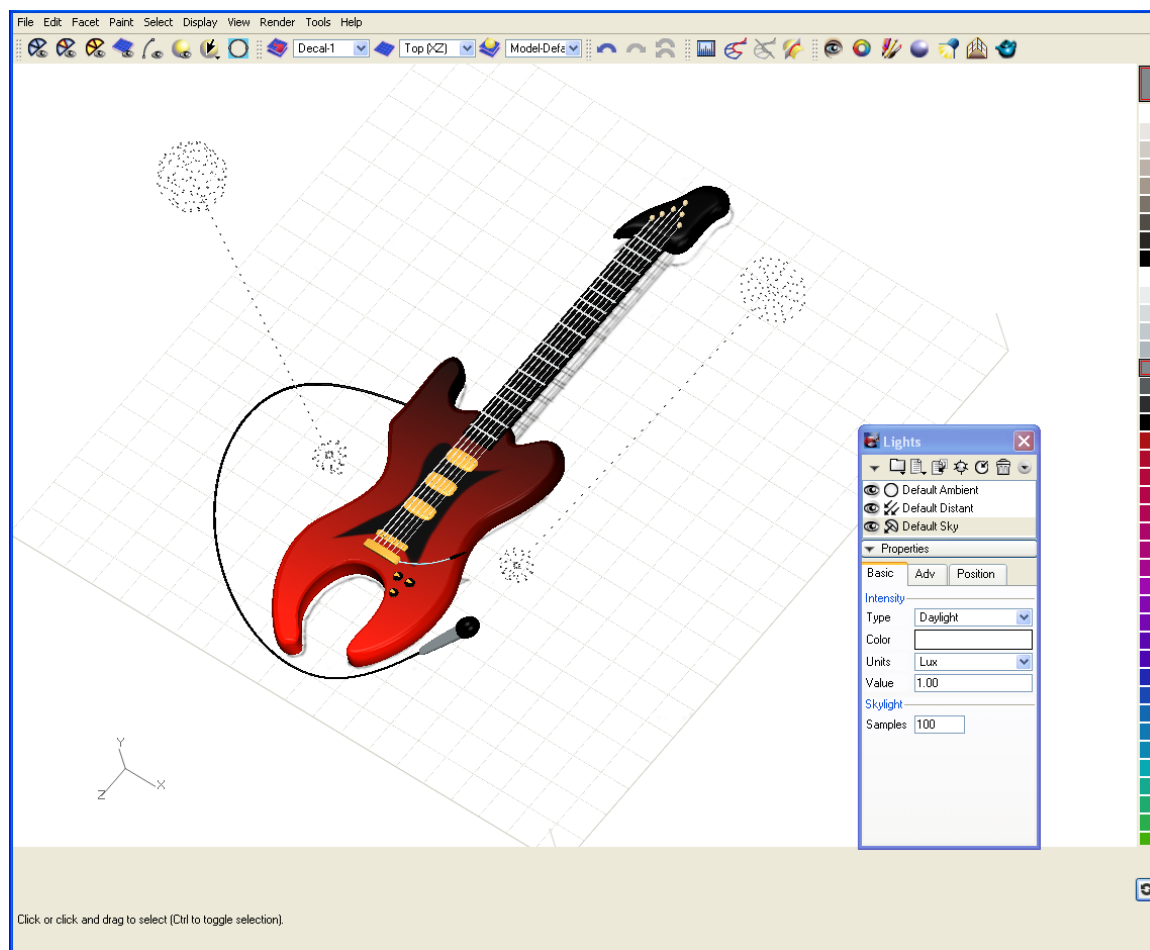
Εικόνα 55: Μοντέλο με χρώμα

3.3.2 Φωτίζοντας το μοντέλο

Στη συνέχεια θα προχωρήσουμε στον φωτισμό του μοντέλου. Η διαδικασία αυτή γίνεται για να δώσουμε βάθος στην ψηφιακή απεικόνιση που θα δημιουργήσουμε καθώς και να τονίσουμε πιο έντονα χαρακτηριστικά γνωρίσματα όπως τα χρώματα, το σχήμα της κιθάρας κ.τ.λ.

Στη γραμμή εργαλείων πατάμε το εικονίδιο  και εμφανίζεται το μενού φωτισμού. Επιλέγουμε να εμφανίζονται τα προεπιλεγμένα φώτα (default ambient, distant και sky)

φώτα (Εικόνα 56) και default sky επιλέγουμε ως τύπο Daylight. Επίσης, από το υπομενού Advanced επιλέγουμε να εμφανίζονται σκιές του μοντέλου τύπου soft.



Εικόνα 56: Προεπιλεγμένοι φωτισμοί του μοντέλου

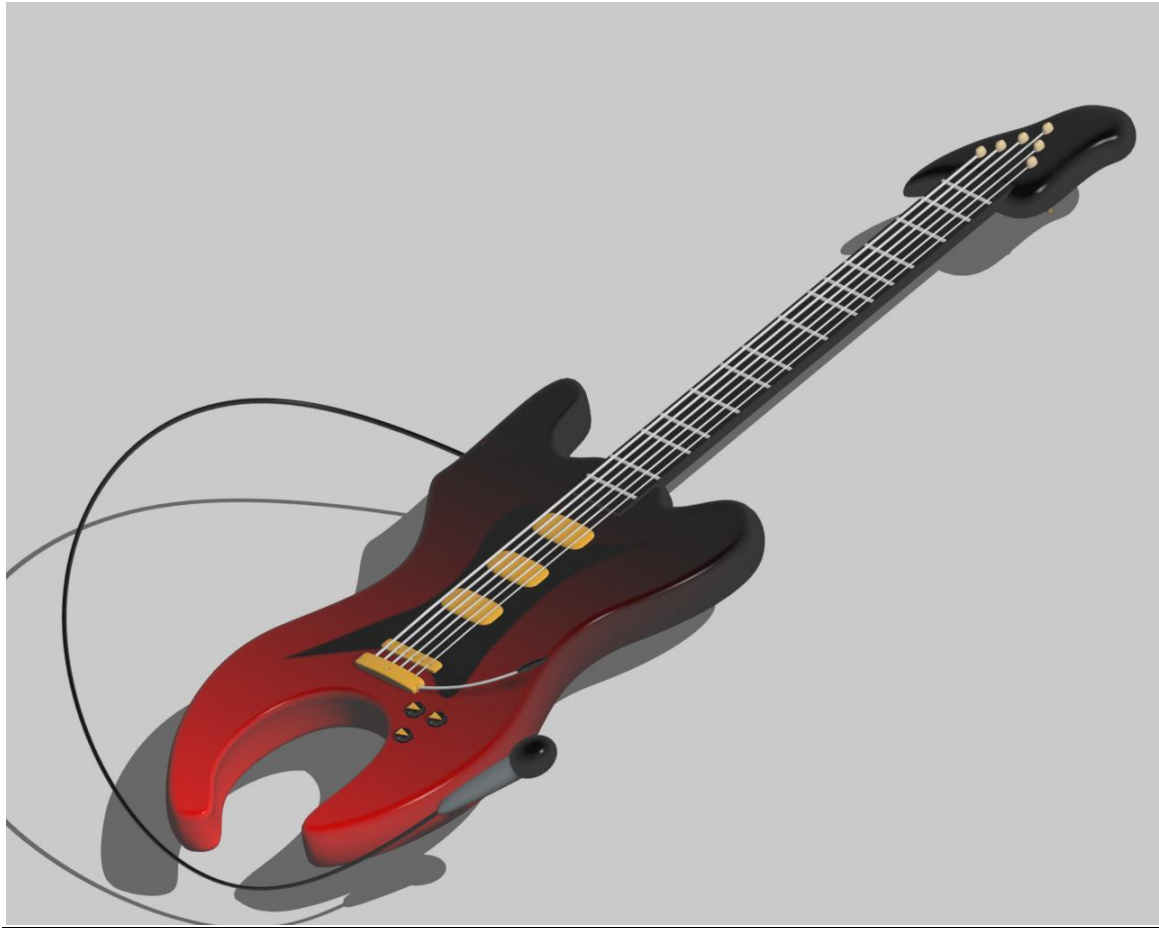
3.3.3 Ρυθμίσεις ψηφιακής απεικόνισης

Από τη γραμμή εργαλείων επιλέγουμε Render→ Render setup και εμφανίζεται το μενού ρυθμίσεων για την ψηφιακή απεικόνιση. Επιλέγουμε μέγιστη ποιότητα απεικόνισης και το αποτέλεσμα να εμφανίζεται με ανάλυση 1280x1024. Επίσης στο μενού Options επιλέγουμε Shadows on floor και στο μενού Advanced επιλέγουμε spot shadows on floor.

Αφού τελειώσουμε με τις ρυθμίσεις πατάμε το  και ξεκινά η επεξεργασία της εικόνας. Στη συνέχεια παραθέτουμε μερικές εικόνες που δείχνουν το αποτέλεσμα της διαδικασίας για το μοντέλο που δημιουργήσαμε.







Βιβλιογραφία

1. Μπιλάλης Ν. και Μαραβελάκης Ε., "Συστήματα CAD/CAM και τρισδιάστατη μοντελοποίηση", 2009.
2. Karl T. Ulrich and Steven D. Eppinger, "Product design and development", 2nd Edition, 2000.
3. G.Phal, W. Beitz, J. Feldhusen, K.H. Grote, "Engineering design: A systematic approach", 3rd Edition, 2007.
4. Michael Prince, "Industrial design meets engineering", Article, 2009.
5. Aykut Berber, Ibrahim Aksel, "Strategic approach to product design and development process and effectiveness of industrial design practices", 2007.
6. Kwang-Chul Ha, "Implementation of computer technology for more efficient industrial design processes", 1996.
7. Learning Autodesk AliasStudio2008, Autodesk, 2007.
8. Basic Tools and Modeling in Autodesk AliasStudio 2008. Autodesk, 2007.
9. Autodesk 3DSMax Reference, Autodesk, 2008.
10. Rhino V.4 Help.
11. www.idsa.org
12. http://www.wipo.int/sme/en/ip_business/industrial_designs/index.htm