



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

Διπλωματική Εργασία

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΑΦΟΥΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ  
ΤΗΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΩΝ  
ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ



Σαρακηνός Σωτήρης

Επιβλέπων Καθηγητής  
Νικόλος Ιωάννης, Λέκτορας

Χανιά 2005

*Στους γονείς μου  
Σπύρο και Μαρία*

## **Ευχαριστίες**

Με το πέρας αυτής της διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω πρώτα απ' όλους τον καθηγητή μου Δρ. Ιωάννη Κ. Νικολό τόσο για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα, όσο και για την άριστη συνεργασία και την αμέριστη υποστήριξή του σε κάθε στάδιο της ενασχόλησής μου με αυτή, με το ρόλο του ως καθηγητή, αλλά και ως φίλου.

Επίσης οφείλω να ευχαριστήσω το συμφοιτητή μου Ιωάννη Βαλάκο για την πολύτιμη βοήθειά του στην εκπόνηση αυτής της εργασίας, με τις γνώσεις του σε θέματα διεθνών προτύπων ανταλλαγής δεδομένων IGES και STEP.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου για την υποστήριξή τους σε όλα τα χρόνια της φοιτητικής μου ιδιότητας.

## Περιεχόμενα

<b>Πρόλογος</b>	<b>5</b>
<b>Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> : Εισαγωγή</b>	<b>6</b>
<b>1.1) Σχεδίαση Αεροσκαφών</b>	<b>6</b>
1.1.1) Εννοιολογική Σχεδίαση (Conceptual Design)	7
1.2.2) Προκαταρκτική σχεδίαση (Preliminary Design)	8
1.1.3) Λεπτομερής σχεδίαση (Detail design)	9
1.1.4) Η διαδικασία της εννοιολογικής σχεδίασης	10
<b>1. 2) Λογισμικά παραμετρικής σχεδίασης αεροσκαφών: Βιβλιογραφική αναφορά.</b>	<b>14</b>
1.2.1) Aero Grid and Paneling System (AGPS) (Snepp και Pomeroy [2])	14
1.2.2) Aerodynamics Grid and Paneling System (AGPS) (Capron και Smit [3])	17
1.2.3) Interactive Graphics for Geometry Generation (I3G) (LaBozetta και Cole [4])	19
1.2.4) Interactive Geometry Definition and Grid Generation for Applied Aerodynamics (Pagendam, Laurien, Sobieczky)	22
1.2.5) Interactive Parametric Geometry Design (Sobieczky και Trapp)	25
<b>Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> : Περιγραφή του λογισμικού Ge.P.A.S.</b>	<b>28</b>
<b>2.1) Η κατασκευή των τρισδιάστατων αεροδυναμικών επιφανειών</b>	<b>28</b>
2.1.1) Σχεδίαση επιφανειών τύπου ατράκτου	28
2.1.2) Σχεδίαση επιφανειών τύπου πτέρυγας	31
<b>2.2) Εγχειρίδιο χρήσης του Ge.P.A.S.</b>	<b>34</b>
2.2.1) Η αρχική οθόνη	34
2.2.2) Φόρμα δημιουργίας – τροποποίησης επιφάνειας τύπου ατράκτου	44
2.2.3) Φόρμα δημιουργίας – τροποποίησης επιφάνειας τύπου πτέρυγας	55
<b>2.3) Δομή του Προγράμματος Ge.P.A.S.</b>	<b>66</b>
2.3.1) Βασικές Έννοιες	67
2.3.2) Αντικειμενοστραφής Προγραμματισμός και Ge.P.A.S.	69
<b>Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> : Παραδείγματα γεωμετριών</b>	<b>76</b>
<b>3.1) Μη επανδρωμένο αεροσκάφος με πτερύγια ελέγχου</b>	<b>76</b>
<b>3.2) Μη επανδρωμένο αεροσκάφος με ουρά μορφής ανάστροφου Υ</b>	<b>78</b>
<b>3.3) Μεταγωγικό αεροσκάφος με ουρά σχήματος T</b>	<b>80</b>
<b>3.4) Υπερηχητικό αεροσκάφος με πτέρυγα Δέλτα</b>	<b>82</b>
<b>3.5) Επιβατικό αεροσκάφος με δυο ατράκτους</b>	<b>84</b>
<b>Συμπεράσματα – Μελλοντικοί στόχοι</b>	<b>86</b>
<b>Βιβλιογραφία</b>	<b>87</b>

## Πρόλογος

Η ραγδαία ανάπτυξη της ισχύος των υπολογιστικών συστημάτων μαζί με τα διάφορα προγράμματα επίλυσης ροής (CFD), καθώς και τις νέες μεθόδους βελτιστοποίησης έχουν συμβάλλει ενεργά στον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται τα αεροσκάφη. Τα υπάρχοντα υπολογιστικά εργαλεία παρέχουν τη δυνατότητα να εξετάζονται τελείως διαφορετικές γεωμετρίες με μεγάλο αριθμό παραμέτρων σχεδίασης, ενώ τα χαρακτηριστικά των αεροσκαφών υπόκεινται σε πολύπλοκες μεθόδους βελτιστοποίησης. Πλέον είναι εφικτοί πολύπλοκοι υπολογισμοί μόνο με τη χρήση απλών επιτραπέζιων ηλεκτρονικών υπολογιστών, ή συστάδων αυτών και τα υπολογιστικά εργαλεία, που στο παρελθόν χρησιμοποιούνταν μόνο από τις μεγάλες εταιρείες παραγωγής αεροσκαφών, είναι πλέον διαθέσιμα και σε μικρές εταιρείες του είδους, όπως εταιρείες κατασκευής μη επανδρωμένων αεροσκαφών (UAV – Unmanned Air Vehicles).

Μια από τις κυριότερες φάσεις του σχεδιασμού ενός καινούριου αεροσκάφους είναι ο ορισμός της εξωτερικής του γεωμετρίας. Τα υπάρχοντα πακέτα CAD παρέχουν εργαλεία για την παραμετρική περιγραφή πολύπλοκων γεωμετριών και ο ορισμός των επιφανειών γίνεται συνήθως με τη χρήση τέτοιων συστημάτων CAD. Όμως, τα πακέτα αυτά δεν υποστηρίζουν αυτόματες μεταβολές στις παραμέτρους των επιφανειών για ευφυείς σχεδιομελέτες αεροσκαφών, με τη χρήση λογισμικού ανάλυσης ροής (CFD) και μεθόδων βελτιστοποίησης. Επίσης, απόπειρες βελτιστοποίησης σχεδίασης σε αεροπλάνα έχουν δείξει ότι η διαδικασία της βελτιστοποίησης είναι ευαίσθητη στον ορισμό των παραμέτρων σχεδίασης. Για τη φάση της πρώιμης αεροδυναμικής εννοιολογικής (conceptual) σχεδίασης, απαιτείται ένα στάδιο προγενέστερο του CAD, ένα λογισμικό το οποίο θα παράγει παραμετρικές αεροδυναμικές επιφάνειες και το οποίο θα μπορεί να λαμβάνει υπόψη τις ανάγκες και τους περιορισμούς αυτής της φάσης της σχεδίασης ενός αεροσκάφους. Το λογισμικό αυτό πρέπει να παρέχει τη δυνατότητα σχεδίασης μεγάλου εύρους πολύπλοκων επιφανειών και θα λειτουργεί ως μέσο διεπαφής μεταξύ του σχεδιαστή από τη μια και των πακέτων επίλυσης ροής (CFD), βελτιστοποίησης και CAD απ' την άλλη [7].

Στην παρούσα εργασία ασχολούμαστε με τη δημιουργία ενός τέτοιου λογισμικού παραμετρικής σχεδίασης αεροσκαφών με τη χρήση καμπύλων και επιφανειών NURBS, ιδιαίτερα για το σκοπό της βελτιστοποίησης σχεδίασης. Το λογισμικό έχει ονομαστεί Ge.P.A.S. από τα αρχικά των λέξεων Generic Parameterized Aerodynamic Surface generation. Όπως θα φανεί στη συνέχεια, το Ge.P.A.S. δίνει τη δυνατότητα κατασκευής πολύπλοκων σχεδίων κάτω από ένα φιλικό προς το χρήστη περιβάλλον.

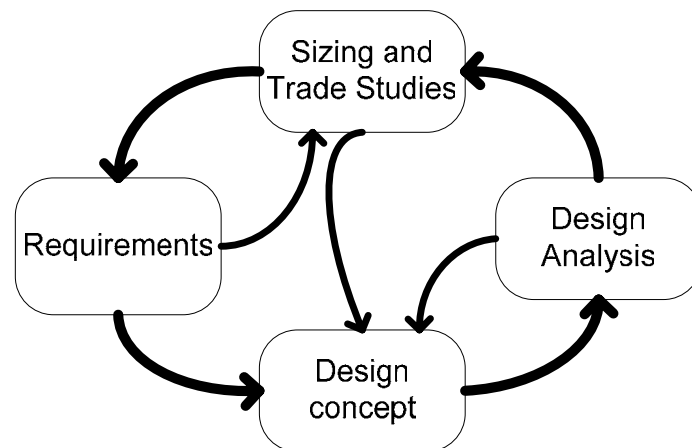
## **Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> : Εισαγωγή**

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει περιγραφή της διαδικασίας της σχεδίασης αεροσκαφών, όπως αυτή πραγματοποιείται μέχρι τώρα από τις εταιρείες, καθώς και μια αναφορά στα είδη των σχεδιαστικών προγραμμάτων που χρησιμοποιούνται στα διάφορα στάδια της σχεδίασης. Ιδιαίτερη έμφαση θα δοθεί στη φάση της εννοιολογικής σχεδίασης (Conceptual Design) Επίσης, θα γίνει μια λεπτομερής αναφορά στα προγράμματα που υπάρχουν διαθέσιμα στον τομέα της παραμετρικής σχεδίασης αεροσκαφών.

### **1.1) Σχεδίαση Αεροσκαφών**

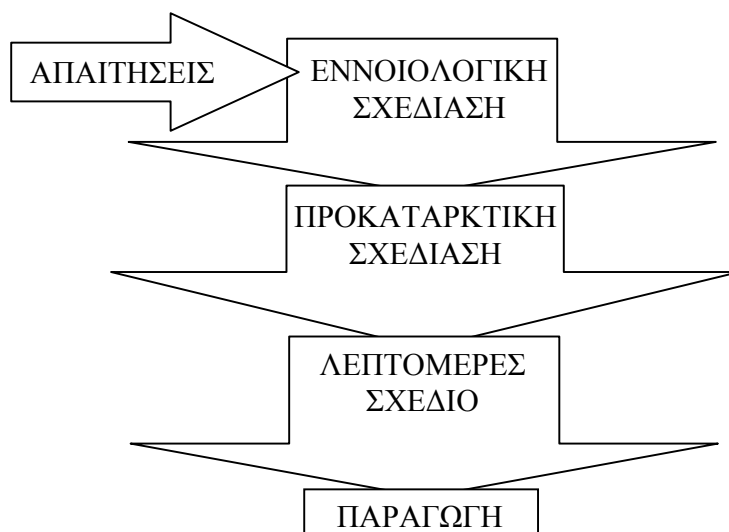
Όσοι ασχολούνται με το σχεδιασμό αεροσκαφών διαφωνούν ως προς το πώς ξεκινά η διαδικασία του σχεδιασμού. Ο σχεδιαστής πιστεύει ότι ξεκινά με μια καινούρια ιδέα για ένα αεροσκάφος, ο ειδικός στη διαστασιολόγηση πιστεύει ότι τίποτα δεν μπορεί να ξεκινήσει χωρίς να έχει γίνει μια αρχική εκτίμηση του βάρους του αεροπλάνου, ενώ ο πελάτης πιστεύει ότι ο σχεδιασμός ξεκινά ορίζοντας τις απαιτήσεις.

Έχουν όλοι δίκιο. Στην ουσία ο σχεδιασμός είναι μια επαναληπτική διαδικασία, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.1. Οι απαιτήσεις τίθενται από ήδη υπάρχοντα σχέδια. Οι ιδέες αναπτύσσονται για να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις και η ανάλυση της σχεδίασης μπορεί να οδηγήσει σε νέες ιδέες και τεχνολογίες που θα εγκαινιάσουν μια καινούρια φάση σχεδίασης. Όπως και να ξεκινήσει η σχεδίαση, όλες αυτές οι δράσεις είναι ζωτικής σημασίας για τη δημιουργία μιας καλής ιδέας αεροσκάφους [1].



**Σχήμα 1.1:** Ο κύκλος της σχεδίασης [1].

Η σχεδίαση ενός αεροσκάφους μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις μεγάλες φάσεις, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.2.



Σχήμα 1.2: Οι τρεις φάσεις της σχεδίασης ενός αεροσκάφους.

### 1.1.1) Εννοιολογική Σχεδίαση (Conceptual Design)

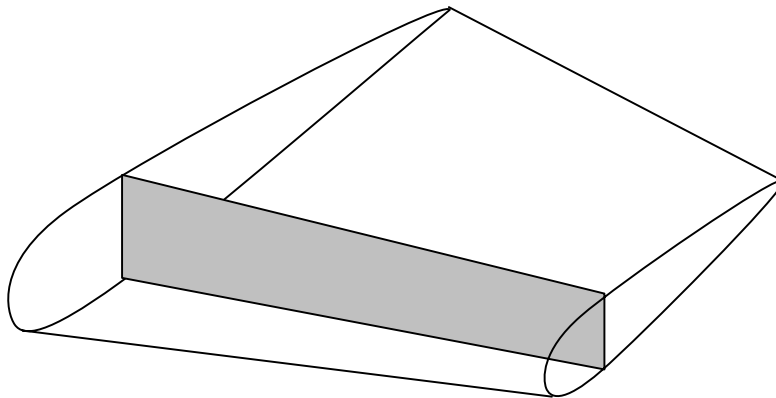
Η φάση της εννοιολογικής σχεδίασης χαρακτηρίζεται από ένα μεγάλο αριθμό εναλλακτικών σχεδίων και εμπορικών μελετών και από μια συνεχή εξελικτική αλλαγή της ιδέας του αεροσκάφους, που βρίσκεται υπό μελέτη. Στη φάση αυτή εξετάζονται αρχικά οι απαιτήσεις που έχουν ορισθεί και αν μπορεί να κατασκευαστεί με λογικό κόστος ένα αεροσκάφος με αυτές. Αν οι απαιτήσεις είναι μη εφικτές, τότε ο πελάτης θα πρέπει να αναθεωρήσει κάποιες από αυτές. Στη φάση του «conceptual design» οι απαιτήσεις χρησιμοποιούνται για να καθοδηγούν και να αξιολογούν τη διαμόρφωση του αεροσκάφους, η οποία συμπεριλαμβάνει τις γεωμετρίες των πτερύγων και της ουράς, το σχήμα της ατράκτου με την εσωτερική θέση του πληρώματος, το φορτίο, τους επιβάτες και τον εξοπλισμό, τη θέση και το είδος των μηχανών, το σύστημα προσγείωσης και άλλες παραμέτρους σχεδίασης. Η λεπτομέρεια των χαρακτηριστικών αυτών δεν χρειάζεται να είναι μεγάλη, αλλά η αλληλεπίδραση αυτών είναι τόσο σημαντική που χρειάζεται πολύ μεγάλη εμπειρία για την κατασκευή ενός καλού εννοιολογικού σχεδίου.

Ένα χαρακτηριστικό της εννοιολογικής σχεδίασης είναι ότι είναι μια πολύ ρευστή φάση και η διάταξη του σχεδίου αλλάζει συνεχώς, για να ενσωματωθούν νέα στοιχεία που προκύπτουν, αλλά και για να αξιολογηθούν πιθανές βελτιώσεις στο σχέδιο. Οι μελέτες και το αυξανόμενο επίπεδο της ανάλυσης, κάνουν το σχέδιο να εξελίσσεται σε εβδομαδιαία βάση και αλλαγές μπορούν να γίνουν σε οποιοδήποτε στοιχείο του σχεδίου, συμπεριλαμβάνοντας τη γεωμετρία των πτερύγων τη θέση και τον αριθμό των ουραίων, ακόμη και τον αριθμό των μηχανών. Επίσης, στη φάση αυτή εξετάζεται ένας μεγάλος αριθμός εναλλακτικών σχεδίων, προκειμένου να αποφασιστεί ποιο είναι περισσότερο προτιμητέο [1].

Καθώς περνάμε από την εννοιολογική σχεδίαση στην προκαταρκτική και από εκεί στη λεπτομερή σχεδίαση, το επίπεδο της λεπτομέρειας του σχεδίου αυξάνεται ραγδαία. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.3, η απαιτούμενη λεπτομέρεια για να σχεδιαστεί η κύρια δοκός της πτέρυγας στη φάση της εννοιολογικής σχεδίασης είναι ελάχιστη. Η δοκός σχεδιάζεται απλά σαν ένα τετράπλευρο από τη βάση στην άκρη της πτέρυγας. Αν και το

σχέδιο φαίνεται πολύ απλοϊκό, μπορεί ωστόσο να καθορίσει το μέγεθος της πτέρυγας, των δεξαμενών καυσίμου στην πτέρυγα, καθώς και των πτερυγίων άνωσης.

Τα προγράμματα ηλεκτρονικής σχεδίασης (CAD) που χρησιμοποιούνται στη φάση της εννοιολογικής σχεδίασης θα πρέπει να είναι ευέλικτα και να προσαρμόζονται εύκολα στη ρευστή μορφή αυτής της φάσης της σχεδίασης. Τέτοια προγράμματα θα πρέπει να παρέχουν εργαλεία με τα οποία κάποιος θα μπορούσε να φτιάξει πολύ γρήγορα ένα ενδεικτικό σχέδιο και να μπορεί να κάνει σε αυτό βασικές αλλαγές, παράγοντας ταυτόχρονα και άλλα εναλλακτικά σχέδια. Δυνατότητες όπως ταχεία εύρεση σημείων επαφής είναι άχρηστα σε αυτή τη φάση, αλλά μια δυνατότητα για γρήγορη αλλαγή της γωνίας οπισθόκλισης (sweep angle) του φτερού και ταυτόχρονα να αναθεωρείται αυτόματα το μέγεθος της κυρίας δοκού είναι περισσότερο σημαντική, καθώς η γωνία οπισθόκλισης είναι πιθανό να αλλάζει μετά από κάθε αναθεώρηση του σχεδίου [1].



Σχήμα 1.3: Conceptual design εμπρόσθιου ορθοστάτη φτερού [1].

### 1.2.2) Προκαταρκτική σχεδίαση (Preliminary Design)

Η φάση της προκαταρκτικής σχεδίασης ξεκινά όταν τελειώσουν οι μεγάλες αλλαγές στο σχέδιο και έχουν λυθεί τα μεγαλύτερα προβλήματα, όπως το αν θα χρησιμοποιηθούν διατάξεις εμπρόσθιων (canards) ή ουραίων πτερυγίων. Η διάταξη της σχεδίασης σε αυτή τη φάση αναμένεται να παραμείνει ως έχει, ενώ μπορεί να προκύψουν πολύ μικρές αλλαγές. Η φάση αυτή χαρακτηρίζεται από μια ωρίμανση στην αντιμετώπιση της σχεδίασης, η οποία πλέον περιέχει ένα αυξανόμενο επίπεδο κατανόησης του σχεδίου, ένα αυξανόμενο επίπεδο αναλυτικής σχεδίασης και μια αυξανόμενη αυτοπεποίθηση ότι το σχέδιο είναι λειτουργικό. Σε κάποια φάση της προκαταρκτικής σχεδίασης η εταιρεία παραγωγής, έχοντας συλλέξει μεγάλο όγκο πληροφορίας, «παγώνει» το σχέδιο, ώστε να μην μπορούν να γίνουν περαιτέρω αλλαγές στη διάταξη του. Αυτό το σημείο είναι πολύ καθοριστικό, γιατί επιτρέπει σε άλλους σχεδιαστές να ξεκινήσουν την ανάπτυξη της δομής και των υποσυστημάτων του αεροσκάφους, χωρίς το φόβο ότι η δουλειά τους θα καταστραφεί από τυχόν σημαντικές αλλαγές στη διάταξη του σχεδίου [1].

Μια βασική εργασία κατά τη φάση του προκαταρκτικού σχεδιασμού είναι η προσαρμογή επιφάνειας πάνω από διατομές (lofting). Το «lofting» είναι η μαθηματική μοντελοποίηση της εξωτερικής επιφάνειας του αεροσκάφους με επαρκή ακρίβεια για να εξασφαλιστεί το τέλειο συνταίριασμα των διάφορων κομματιών ακόμη και αν αυτά έχουν σχεδιαστεί από διαφορετικούς σχεδιαστές ή έχουν κατασκευαστεί σε διαφορετικά



μέρη. Το «lofting» αρχικά γινόταν σε ναυπηγεία με τη βοήθεια μεγάλων εύκαμπτων δοκαριών που ονόμαζαν «splines». Η εργασία αυτή γινόταν σε ένα πατάρι (loft) στο ναυπηγείο, εξ ου και η ονομασία «lofting».

Στη φάση αυτή η λεπτομέρεια της σχεδίασης αυξάνει, καθώς βελτιώνεται το σχέδιο που αναπτύχθηκε στην εννοιολογική σχεδίαση. Στην περίπτωση της κύριας δοκού της πτέρυγας, χρησιμοποιούνται αναλυτικές μέθοδοι για να καθοριστεί το πάχος της, ώστε να αντέξει τα αναμενόμενα φορτία. Τέτοιες αναλυτικές μέθοδοι θα εφαρμοστούν σε όλα τα μέρη του αεροσκάφους για να καθοριστεί και να βελτιστοποιηθεί το σχέδιο.

Τα προγράμματα ηλεκτρονικής σχεδίασης που χρησιμοποιούνται στη φάση αυτή θα πρέπει να παρέχουν τις δυνατότητες γρήγορης αλλαγής της αρχικής διαμόρφωσης, αλλά και δυνατότητες δημιουργίας επιφανειών με ποιότητα επιπέδου παραγωγής. Επίσης θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα εξαγωγής των γεωμετρικών δεδομένων σε υπολογιστικούς κώδικες, όπως οι κώδικες ανάλυσης ροής (CFD) [1].

### 1.1.3) Λεπτομερής σχεδίαση (Detail design)

Στη φάση της λεπτομερούς σχεδίασης σχεδιάζονται τα κανονικά τμήματα του αεροσκάφους, όπως θα οδηγηθούν και στην παραγωγή. Αυτό το τελευταίο και πιο δαπανηρό κομμάτι της σχεδίασης χαρακτηρίζεται από ένα μεγάλο αριθμό σχεδιαστών, οι οποίοι ετοιμάζουν μηχανολογικά σχέδια ή αρχεία CAD σε πραγματικές διαστάσεις και γεωμετρίες. Ενώ στην εννοιολογική σχεδίαση οι σχεδιαστές ασχολούνται με λεπτομέρειες όπως ο αριθμός των μηχανών του αεροσκάφους, στη λεπτομερή σχεδίαση τους απασχολούν προβλήματα όπως οι ακριβείς θέσεις και διάμετροι των τρυπών που πρέπει να γίνουν για να περάσουν κοχλίες. Επιπλέον, μικρά κομμάτια που δεν απασχολούσαν τους σχεδιαστές στη φάση της προκαταρκτικής σχεδίασης, όπως βραχίονες στήριξης και πόρτες, πρέπει να σχεδιαστούν μέχρι την τελευταία τους λεπτομέρεια [1].

Ένα επίσης σημαντικό κομμάτι της φάσης αυτής είναι η σχεδίαση της παραγωγής, στην οποία ειδικοί καθορίζουν πώς θα κατασκευαστεί το αεροπλάνο, ξεκινώντας από τις μικρότερες και πιο απλές συναρμολογήσεις και καταλήγοντας στην τελική συναρμολόγηση του αεροσκάφους. Οι σχεδιαστές της παραγωγής συχνά επιθυμούν να αλλάξουν το σχέδιο ώστε να διευκολύνει τη φάση της κατασκευής. Κάτι τέτοιο όμως μπορεί να επηρεάσει την απόδοση του αεροπλάνου, ή το βάρος του. Οι συμβιβασμοί συχνά είναι αναπόφευκτοι, αλλά το σχέδιο πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις.

Κατά τη λεπτομερή σχεδίαση ο έλεγχος του αεροσκάφους εντείνεται. Κατασκευάζονται πραγματικά κομμάτια και ελέγχονται. Οι κανόνες ελέγχου πτήσης του αεροσκάφους ελέγχονται σε εξομοιωτές πτήσης, τόσο από την εταιρεία παραγωγής όσο και από τους πελάτες.

Τα σχεδιαστικά πακέτα CAD που χρησιμοποιούνται σε αυτή τη φάση είναι πολύ καλά ανεπτυγμένα, όπως το CATIA και το UNIGRAPHICS, τα οποία έχουν πολλά εργαλεία που μπορούν να βοηθήσουν στη σχεδίαση των μικρών κομματιών που αποτελούν το αεροσκάφος, αλλά και τυπικά χαρακτηριστικά παραγωγής, όπως κοιλότητες (pockets), τρύπες (holes) και αποκόμματα (cutouts).

Η λεπτομερής σχεδίαση τελειώνει με την παραγωγή του πρώτου αεροσκάφους. Συχνά για να τηρηθεί ένα χρονοδιάγραμμα, η κατασκευή κάποιων κομματιών αρχίζει πριν ολοκληρωθεί πλήρως ο σχεδιασμός του αεροσκάφους. Αυτό οδηγεί μερικές φορές

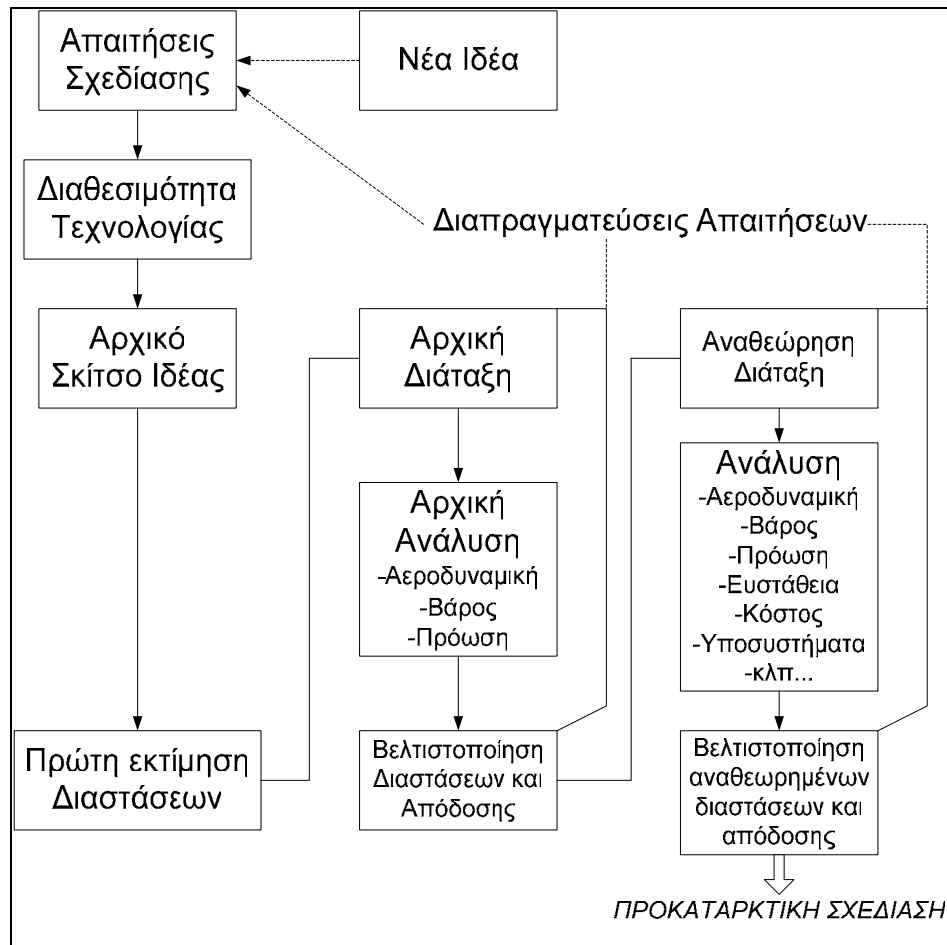
στην αλλαγή των ήδη κατασκευασμένων κομματιών ή εργαλείων, συχνά με μεγάλο κόστος.

Η παραγωγή ξεκινά με τη σχεδίαση και την κατασκευή των εργαλείων παραγωγής του αεροσκάφους. Ιστορικά αυτό είναι μια τεράστια και δαπανηρή διαδικασία με εκατοντάδες ή χιλιάδες εξαρτήματα να κατασκευάζονται. Μόλις ξεκινήσει η παραγωγή αποκαλύπτονται συχνά προβλήματα του σχεδίου και τα εργαλεία και η διαδικασία κατασκευής πρέπει να τροποποιηθούν. Τελευταία για τη σχεδίαση των εργαλείων χρησιμοποιούνται τεχνικές CAM για την βελτιστοποίηση αυτής της φάσης [1].

#### **1.1.4) Η διαδικασία της εννοιολογικής σχεδίασης**

Στο Σχήμα 1.4 φαίνεται όλη η διαδικασία της εννοιολογικής σχεδίασης (conceptual design). Η σχεδίαση ξεκινά συνήθως είτε με ένα αριθμό από συγκεκριμένες απαιτήσεις, διατυπωμένες από κάποιον πιθανό πελάτη, είτε από μια εικασία της εταιρείας παραγωγής για τις μελλοντικές ανάγκες της αγοράς. Οι σχεδιαστικές απαιτήσεις περιλαμβάνουν παραμέτρους, όπως το ωφέλιμο φορτίο του αεροσκάφους, τις αποστάσεις προσγείωσης και απογείωσης και τις απαιτήσεις σε ελιγμούς και ταχύτητα. Ορισμένες φορές η σχεδίαση ξεκινά ως μια πρωτοποριακή ιδέα, παρά ως απάντηση σε κάποιες απαιτήσεις [1].

Πριν ξεκινήσει η σχεδίαση πρέπει να παρθεί μια απόφαση ως προς την τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί. Αν κάποιο σχέδιο πρόκειται να πραγματοποιηθεί στο κοντινό μέλλον, τότε θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ήδη υπάρχουσα τεχνολογία, καθώς και ήδη υπάρχοντες κινητήρες και συστήματα πλοήγησης. Αν πρόκειται να πραγματοποιηθεί στο απώτερο μέλλον, τότε θα πρέπει να γίνει μια εκτίμηση της νέας τεχνολογίας, που θα είναι διαθέσιμη εκείνη τη στιγμή. Μια αρκετά αισιόδοξη εκτίμηση της τεχνολογίας μπορεί να δώσει ένα πιο ελαφρύ και φθηνό αεροσκάφος για συγκεκριμένη χρήση, αλλά μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλο ρίσκο. Απ' την άλλη, η χρήση μόνο υπάρχουσας τεχνολογίας θα οδηγήσει σε ένα βαρύ και μειωμένων δυνατοτήτων αεροσκάφος, που θα είναι δύσκολο να πουληθεί.



Σχήμα 1.4: Η διαδικασία της εννοιολογικής σχεδίασης [1].

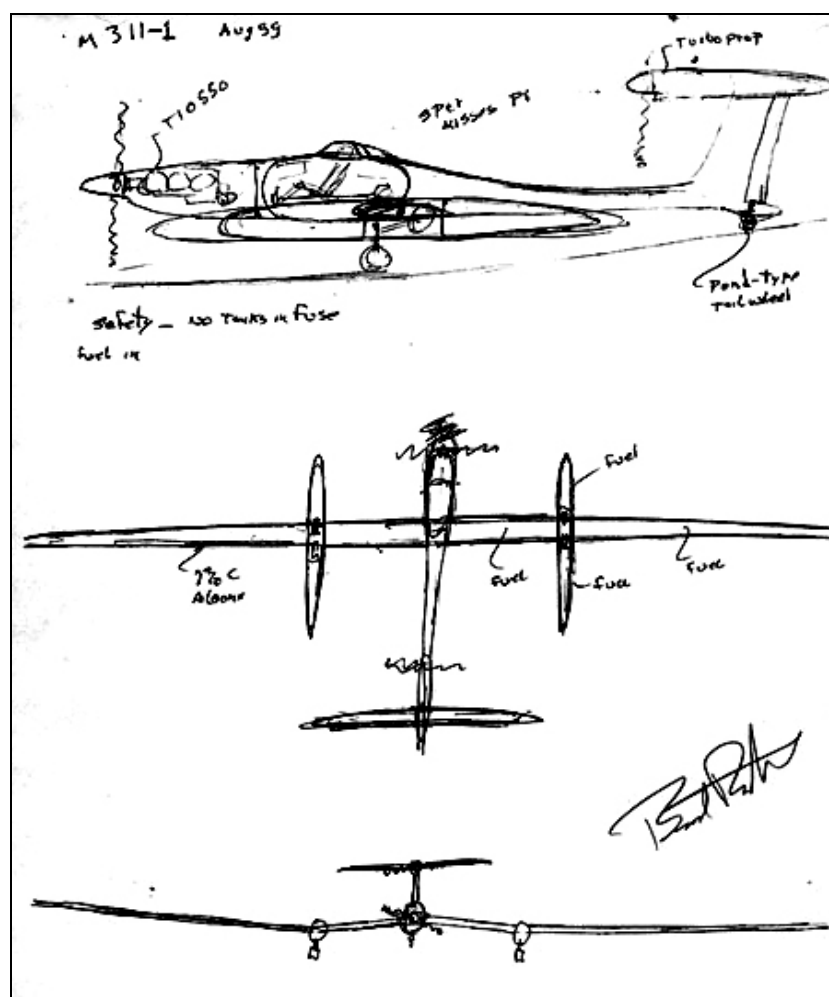
Η πραγματική σχεδίαση ξεκινά με ένα σκίτσο βασισμένο στην ιδέα του αεροσκάφους (Σχ. 1.5). Αυτό είναι το ονομαζόμενο και «σκίτσο πάνω σε χαρτοπετσέτα» και δίνει μια χονδροειδή ιδέα του πως θα μοιάζει το τελικό σχέδιο. Ένα καλό σκίτσο περιέχει τις γεωμετρίες των φτερών και της ουράς, το σχήμα της ατράκτου και τις θέσεις των κυριότερων χαρακτηριστικών, όπως το πιλοτήριο, των κινητήρα, το σύστημα προσγείωσης και τις δεξαμενές καυσίμων.

Από το αρχικό σκίτσο μπορεί να εκτιμηθούν οι παράγοντες της αεροδυναμικής και του βάρους σε σύγκριση με προηγούμενα σκίτσα. Αυτές οι εκτιμήσεις χρησιμοποιούνται για να γίνει μια πρώτη εκτίμηση του ολικού βάρους και του βάρους των καυσίμων για να ξεκινήσει η διαδικασία της διαστασιολόγησης (sizing).

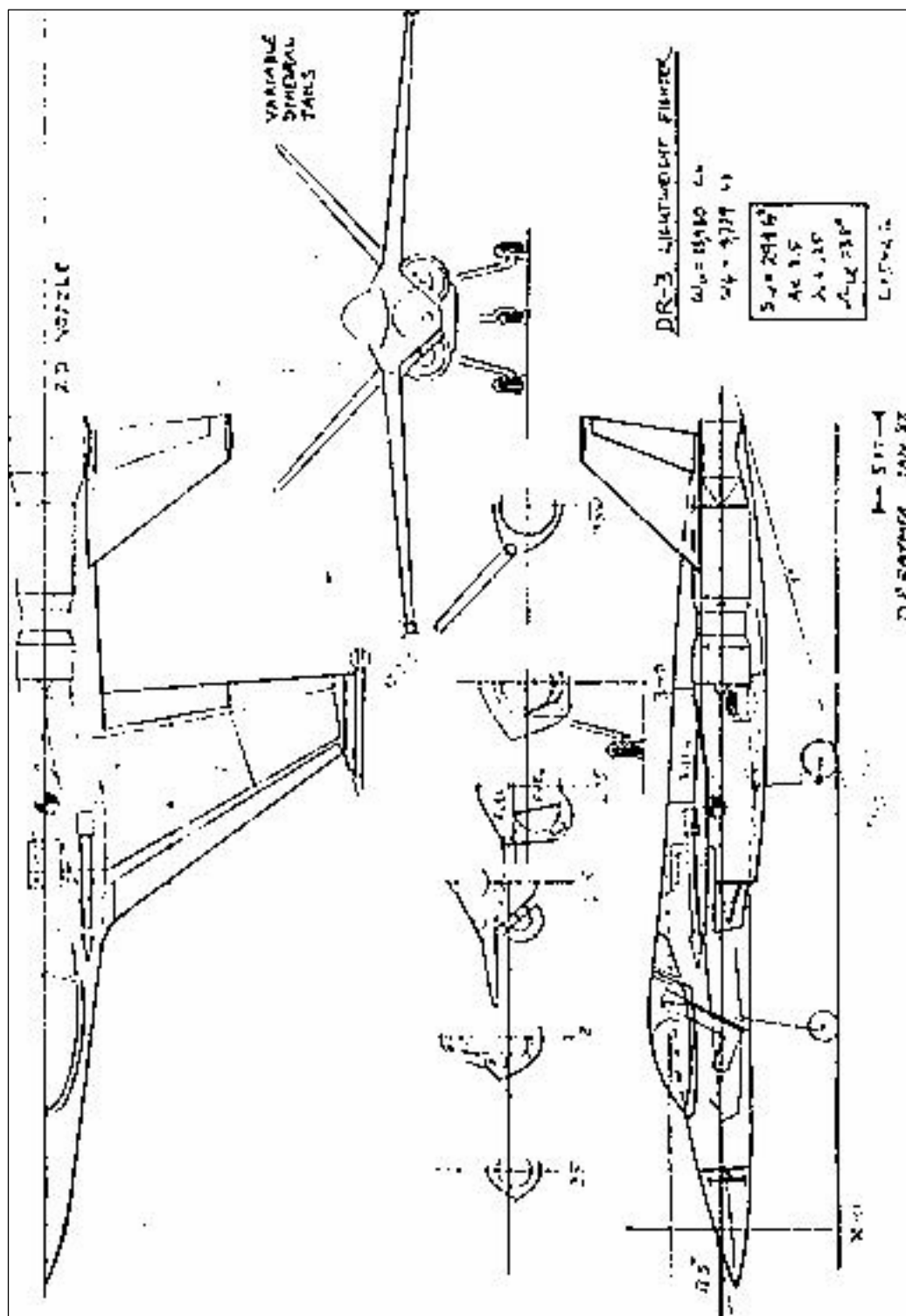
Η πρώτη εκτίμηση των διαστάσεων παρέχει αρκετές πληροφορίες για να κατασκευαστεί ένα σχέδιο της αρχικής διάταξης (Initial layout design) (Σχ. 1.6). Αυτό είναι ένα σχέδιο τριών όψεων, που περιέχει τα κυριότερα εσωτερικά χαρακτηριστικά, δηλαδή το σύστημα προσγείωσης, το χώρο ωφέλιμου φορτίου ή των επιβατών, τους κινητήρες και τους αεραγωγούς, τις δεξαμενές καυσίμων, το πιλοτήριο, τα βασικά συστήματα πλοήγησης και όποια άλλα χαρακτηριστικά είναι αρκετά μεγάλα για να επηρεάσουν το σχήμα του αεροσκάφους. Στο σχέδιο παρέχονται και ένας αριθμός διατομών για να φανεί ότι ταιριάζουν όλα μεταξύ τους [1].

Η αρχική διάταξη στη συνέχεια αναλύεται, για να αποφασιστεί αν καλύπτει τις προδιαγραφές που τέθηκαν από την εκτίμηση των διαστάσεων. Η αεροδυναμική, το βάρος και η πρόωση αναλύονται και στη συνέχεια γίνεται ένας λεπτομερής υπολογισμός των διαστάσεων. Επιπλέον, εκτιμάται η αποδοτικότητα της σχεδίασης (όσον αφορά στην ικανοποίηση των προδιαγραφών) και συγκρίνεται με τις απαιτήσεις. Χρησιμοποιούνται τεχνικές βελτιστοποίησης για να βρεθεί το ελαφρύτερο ή το λιγότερο δαπανηρό αεροσκάφος, που θα ικανοποιεί τις απαιτήσεις και θα ακολουθεί το σχέδιο. Τα αποτελέσματα αυτής της βελτιστοποίησης περιλαμβάνουν νέα εκτίμηση του ολικού βάρους και του βάρους των καυσίμων. Αυτό συχνά έχει ως αποτέλεσμα αλλαγές στο μέγεθος των κινητήρων και των πτερύγων, που συνεπάγεται συνήθως ένα καινούριο σχέδιο της αρχικής διάταξης, που θα περιέχει τις όποιες αλλαγές [1].

Το καινούριο σχέδιο, μετά από ένα αριθμό αναθεωρήσεων θα εξεταστεί από ένα αριθμό ειδικών, που θα εγγυηθούν ότι το σχέδιο ικανοποιεί τις απαιτήσεις σε διάφορους τομείς και θα κάνουν τις απαραίτητες συστάσεις στο σχεδιαστή, όπου χρειάζεται. Το τελικό αποτέλεσμα θα είναι ένα σχέδιο αεροσκάφους, το οποίο θα μπορεί να περάσει στη φάση της προκαταρκτικής σχεδίασης. Παρά το γεγονός ότι θα υπάρξουν περαιτέρω αλλαγές, δεν θα υπάρξουν μεγάλες διορθώσεις αν το εννοιολογικό σχέδιο είναι καλό [1].



Σχήμα 1.5: Αρχικό σκίτσο αεροσκάφους (Conceptual Sketch) (Burt Rutan) [12].



**Σχήμα 1.6:** Σχέδιο αρχικής διάταξης αεροσκάφους (Initial Layout Design) [13].

## 1. 2) Λογισμικά παραμετρικής σχεδίασης αεροσκαφών: Βιβλιογραφική αναφορά.

Πέρα από τα γνωστά λογισμικά πακέτα CAD, πολύ λίγα εργαλεία σχεδίασης που εξειδικεύονται στα αεροσκάφη έχουν γίνει γνωστά στο ευρύ κοινό ως τώρα. Οι πιο γνωστές ανάλογες δουλειές είναι εκείνες των Snepp και Pomeroy [2], Capron και Smit [3], LaBozetta και Cole [4], Pagendarm, Laurien Sobieczky [5], και Sobieczky και Trapp [6]. Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε τη δουλειά των προαναφερθέντων, προκειμένου να φανεί η τάση που υπάρχει στον τομέα της παραμετρικής σχεδίασης αεροσκαφών.

### 1.2.1) Aero Grid and Paneling System (AGPS) (Snepp και Pomeroy [2])

Το 1987 οι Snepp και Pomeroy [2] δημοσίευσαν την εργασία με τίτλο «A Geometry System For Aerodynamic Design», στην οποία περιγράφουν το λογισμικό τρισδιάστατης σχεδίασης αεροδυναμικών γεωμετριών AGPS της Boeing Commercial Airplane Company.

Το AGPS είναι ένα σύστημα παραγωγής τρισδιάστατων γεωμετριών εστιασμένο σε τεχνικά θέματα που αφορούν τους μηχανικούς αεροσκαφών, όπως η αεροδυναμική. Το σύστημα αυτό παρέχει τα μέσα για την περιγραφή οποιασδήποτε τρισδιάστατης επιφάνειας, όπως της εξωτερικής επιφάνειας ενός αεροπλάνου, ενώ διαθέτει ενσωματωμένα εργαλεία για την εξαγωγή γεωμετρικών δεδομένων κατάλληλων προς χρήση σε προγράμματα ανάλυσης ροής (CFD) ή άλλες αναλυτικές ή υπολογιστικές μεθόδους. Το AGPS χρησιμοποιεί για την παραγωγή των επιφανειών και των καμπύλων πολυώνυμα τρίτου και πέμπτου βαθμού, καθώς και πολυώνυμα B-Spline.

Το σύστημα AGPS έχει αναπτυχθεί από την ομάδα Αεροδυναμικής Τεχνολογίας της Boeing Commercial Airplane Company (BCAC) με τη βοήθεια της Boeing Computer Services (BCS). Η ανάπτυξη του προγράμματος ξεκίνησε τον Ιανουάριο του 1980 και μια αρχική μορφή του ήταν έτοιμη το Σεπτέμβριο του ίδιου έτους και βασίστηκε σε πειραματικά «πρωτότυπα» προγράμματα που είχαν ήδη αναπτυχθεί εκείνη την εποχή. Από τότε το AGPS χρησιμοποιείται εκτενώς από την εταιρεία Boeing. Συγκεκριμένα, η σχεδίαση και η ανάλυση του 7J7 έγινε εξ' ολοκλήρου με τη χρήση του προγράμματος σε συνεργασία με το σύστημα CAD CATIA.

Το πρόγραμμα AGPS εστιάζει σε τρεις βασικές ανάγκες του σχεδιαστή αεροδυναμικών σχημάτων:

1. Ακριβή ορισμό και έλεγχο του εξωτερικού σχήματος των αεροσκαφών.
2. Πολύπλευρη δυνατότητα εξαγωγής δεδομένων για ανάλυση και κατασκευή.
3. Αποτελεσματική επίδειξη της γεωμετρίας και της αεροδυναμικής ροής.

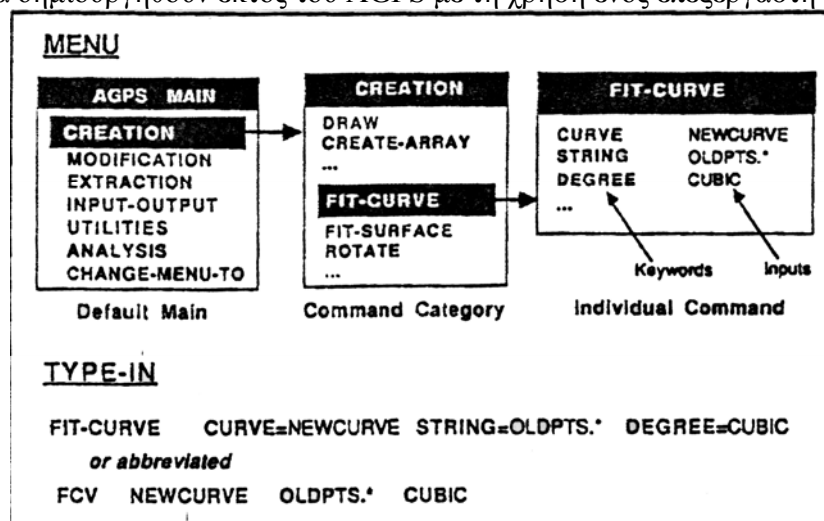
Το AGPS μπορεί στην ουσία να ορίσει οποιοδήποτε τύπο καμπύλης ή επιφάνειας. Τα διάφορα μέρη ενός πολύπλοκου σχήματος μπορούν να κατασκευαστούν σε ξεχωριστά κομμάτια, ή ως συναρμολογημένες μονάδες. Τα γεωμετρικά δεδομένα μπορούν να εισαχθούν από εξωτερικά αρχεία ή να αναπαραχθούν μέσα στο πρόγραμμα και στη συνέχεια να τροποποιηθούν κατά το δοκούν. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ορισθεί και να ελεγχθεί με ακρίβεια το εξωτερικό σχήμα ενός αεροσκάφους. Ο χρήστης μπορεί στη συνέχεια να εισάγει δεδομένα, να επέμβει πάνω τους με διάφορα γραφικά εργαλεία και στη συνέχεια να δει το αποτέλεσμα σε ρεαλιστική τρισδιάστατη απεικόνιση.

Μερικά από τα μέρη ενός αεροσκάφους που μπορούν να παραχθούν με το πρόγραμμα AGPS είναι:

- Πτέρυγες και winglets
- Άτρακτοι
- Κελύφη κινητήρων
- Ουραίες επιφάνειες
- Πτερύγια άνωσης και αερόφρενα
- Τελειώματα φτερών
- Κεραίες για ραντάρ
- Εσωτερικά τοιχώματα καμπίνας
- Πτερύγια μηχανής

Το AGPS παρέχει έναν αριθμό εργαλείων για την εξαγωγή δεδομένων των καμπυλών και των επιφανειών. Πλέγματα διακριτοποίησης μπορούν εύκολα να εξαχθούν για εισαγωγή σε κώδικες αεροδυναμικής ανάλυσης. Τα πλέγματα μπορεί να περιγράφουν είτε την εξωτερική επιφάνεια ενός αεροσκάφους, είτε να οποία εκτείνονται πέρα από την επιφάνεια. Τα δεδομένα των επιφανειών μπορούν επίσης να αναπαραχθούν για χρήση σε μηχανές NC.

Το περιβάλλον διεπαφής του AGPS σχεδιάστηκε δίνοντας έμφαση στην ευελιξία, επιτρέποντας τόσο την αλληλεπιδραστική όσο και την ολική εκτέλεση εντολών είτε από γραφικό ή από μη γραφικό περιβάλλον. Το γραφικό περιβάλλον υποστηρίζει εισαγωγή δεδομένων από μενού (Σχ. 1.6) και από γραμμή εντολών. Η εισαγωγή δεδομένων από γραμμή εντολών επιτρέπει αλληλεπιδραστική εκτέλεση εντολών μέσω μιας συλλογής από λέξεις-κλειδιά, η οποία περιλαμβάνει και ορισμένες εντολές γλώσσας προγραμματισμού. Η εισαγωγή δεδομένων από αρχεία εντολών κάνει χρήση των εντολών που χρησιμοποιούνται και στη γραμμή εντολών και συνδυάζει έναν αριθμό από αυτές σε μια και μόνο ρουτίνα. Μια πολύπλοκη σειρά εντολών μπορεί να αποθηκευτεί και να επαναληφθεί εύκολα με τη χρήση τέτοιων αρχείων, αλλάζοντας μόνο τα δεδομένα εισόδου. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα καταγραφής των εντολών που δίνει ο χρήστης μέσω μενού ή γραμμής εντολών σε αρχεία εντολών. Εναλλακτικά, τέτοια αρχεία μπορούν να δημιουργηθούν εκτός του AGPS με τη χρήση ενός επεξεργαστή κειμένου.

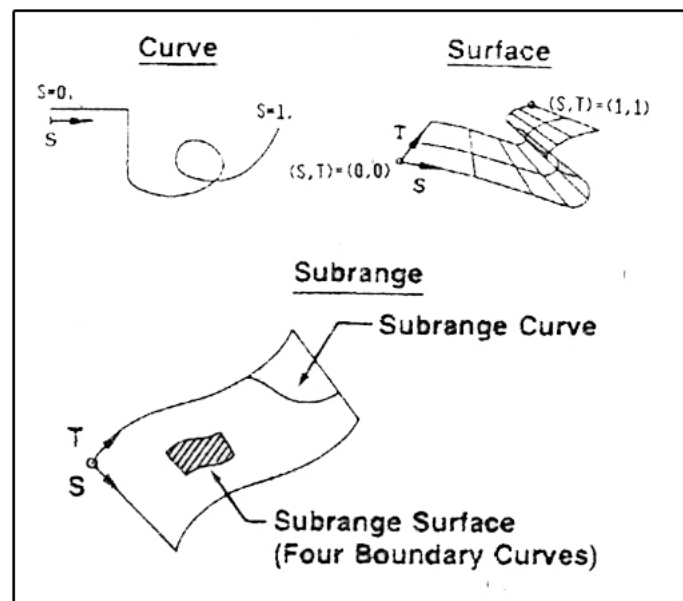


Σχήμα 1.6: Το μενού εντολών του AGPS [2].

Το AGPS χρησιμοποιεί ως μαθηματικά πρότυπα το σημείο, την καμπύλη και την επιφάνεια. Οι καμπύλες κατασκευάζονται ως μια ακολουθία από ευθύγραμμα τμήματα, ενώ οι επιφάνειες μοντελοποιούνται σαν ένα δίκτυο από τετραεδρικά μπαλώματα. Η γεωμετρία μπορεί να καθοριστεί με τη χρήση είτε πολωνύμων ή NURBS. Οι καμπύλες και οι επιφάνειες προσαρμόζονται στα σημεία, που εισάγονται με τη μορφή δεδομένων, με τη χρήση γραμμικής παρεμβολής, τρίτου ή πέμπτου βαθμού splines, είτε με τετάρτου ή πέμπτου βαθμού B-Splines.

Οι καμπύλες και οι επιφάνειες αναπαριστώνται με τη χρήση τεχνικών παραμετροποίησης (Σχ. 1.7). Στην περίπτωση μιας καμπύλης οι  $X, Y, Z$  συντεταγμένες μετατρέπονται και αποθηκεύονται ως συνάρτηση μιας παραμετρικής μεταβλητής  $S$ . Αυτή η μεταβλητή είναι ανάλογη με το αδιάστατο μήκος τόξου, έχει δηλαδή τιμή 0 στο ένα άκρο της καμπύλης και 1.0 στο άλλο. Οι επιφάνειες αναπαρίστανται ως συνάρτηση δυο μεταβλητών  $S, T$ , οι οποίες κυμαίνονται από το 0 μέχρι το 1.0 σε δυο ορθογώνιους άξονες κατά μήκος της επιφάνειας.

Ένα τμήμα μιας επιφάνειας ή μιας καμπύλης μπορεί να αναπαρασταθεί από ένα αντικείμενο «υποεπιπέδου». Για παράδειγμα (Σχ. 1.7), μια καμπύλη υποεπιπέδου μπορεί να βρίσκεται πάνω σε μια επιφάνεια, ή μια επιφάνεια υποεπιπέδου μπορεί να βρίσκεται πάνω σε μια άλλη επιφάνεια. Στην ορισμένη περιοχή του υποεπιπέδου, τα αντικείμενα αυτά είναι ισάξια με τα γονικά τους αντικείμενα. Έχουν το δικό τους πλάνο παραμετροποίησης που είναι χαρτογραφημένο σε εκείνο του γονικού αντικειμένου.



Σχήμα 1.7: Ο ορισμός των επιφανειών στο πρόγραμμα AGPS [2].

Οι τεχνικές παραμετροποίησης προσφέρουν διάφορα πλεονεκτήματα. Κατά πρώτον, απομακρύνουν τους περισσότερους περιορισμούς που υπάρχουν στο σχήμα της καμπύλης ή της επιφάνειας. Για παράδειγμα, μπορούν να υπάρξουν δυσδιάστατες καμπύλες, ή καμπύλες που κινούνται κυκλικά ή διπλώνονται στον εαυτό τους. Επίσης, επιτρέπουν πολύ γρήγορη αξιολόγηση των δεδομένων μιας επιφάνειας. Δεδομένων των τιμών των  $S$  και  $T$ , η θέση και η εξωτερική κατάσταση της επιφάνειας μπορούν να



υπολογιστούν γρήγορα. Αυτό είναι σημαντικό κατά την εξαγωγή μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων, όπως εκείνων που χρησιμοποιούνται για τον ορισμό επιφανειακών πλαισίων για αεροδυναμική ανάλυση. Άλλες μέθοδοι εξαγωγής δεδομένων στο AGPS επιτρέπουν την αξιολόγηση καμπύλων ή επιφανειών ως συγκεκριμένες τιμές αξονικών συντεταγμένων X, Y, Z.

Το AGPS έχει ενσωματωμένη μια δομή δεδομένων προκειμένου να αποθηκεύει όλα τα αντικείμενα που εισάγονται στο σύστημα, ή δημιουργούνται από το χρήστη κατά τη χρήση του προγράμματος. Επίσης, δίνει στο χρήστη πρόσβαση στις μαθηματικές δομές που ορίζουν κάθε αντικείμενο. Σε οποιαδήποτε στιγμή κατά τη χρήση του προγράμματος η δομή δεδομένων μπορεί να αποθηκευτεί. Αυτό επιτρέπει στο χρήστη να βγει απ' το πρόγραμμα και να συνεχίσει αργότερα το ίδιο σχέδιο. Η δομή δεδομένων του AGPS υποστηρίζει πάνω από 30 αντικείμενα, συμπεριλαμβανομένων γεωμετρικών οντοτήτων, όπως αλληλουχίες σημείων, καμπύλες και επιφάνειες καθώς και μη γεωμετρικών οντοτήτων, όπως κείμενο. Μη γεωμετρικά αντικείμενα «λίστες» χρησιμοποιούνται για την ομαδοποίηση ίδιων αντικειμένων. Για παράδειγμα, όλες οι επιφάνειες που περιγράφουν ένα αεροπλάνο μπορούν να αποθηκευτούν και να ομαδοποιηθούν σε μια λίστα. Η δομή δεδομένων του AGPS έχει σχεδιαστεί για να μπορεί να δέχεται εύκολα νέους τύπους δεδομένων. Η εισαγωγή ενός νέου αντικειμένου ή μιας μαθηματικής φόρμας απαιτεί δυο νέες ρουτίνες. Μια για τον ορισμό του αντικειμένου και μια για την αξιολόγησή του. Αυτή η δυνατότητα επιτρέπει την αύξηση της λίστας των ήδη υπάρχοντων αντικειμένων.

Συμπερασματικά, από το 1980 που πρωτοχρησιμοποιήθηκε, το AGPS αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για τον αεροδυναμικό σχεδιασμό. Από την αρχή το πρόγραμμα σχεδιάστηκε με έμφαση στην ευελιξία και επέτρεψε τη μοντελοποίηση μεγάλης γκάμας αεροσκαφών, την εξαγωγή δεδομένων απαιτούμενων από τους μοντέρνους κώδικες αεροδυναμικής ανάλυσης και την επιτυχή προβολή των αποτελεσμάτων αυτών. Πέρα όμως από τις δυνατότητες του προγράμματος, η χρήση γραμμής εντολών και πολύ γενικών μενού επιλογών το καθιστούν δύσχρηστο. Επίσης, οι τεχνικές παραμετροποίησης που χρησιμοποιούνται δεν επιτρέπουν τον άμεσο καθορισμό εξωτερικών χαρακτηριστικών, όπως η γωνία οπισθόκλισης του φτερού, ή το μήκος του αεροσκάφους, καθιστώντας το πρόγραμμα ακατάλληλο για τη φάση της εννοιολογικής σχεδίασης.

### **1.2.2) Aerodynamics Grid and Paneling System (AGPS) (Capron και Smit [3])**

Οι Capron και Smit [3] παρουσίασαν το 1991 την εξέλιξη του συστήματος AGPS της Boeing Company, που πρωτοπαρουσίασαν το 1987 οι Snapp και Pomeroy.

Από το 1987 έχουν γίνει αρκετές αλλαγές στο πρόγραμμα. Μια μεγάλη αλλαγή ήταν το γράψιμο από την αρχή του κώδικα, προκειμένου να μπορεί να χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα σε οποιαδήποτε πλατφόρμα Unix. Η απόφαση να γραφτεί το πρόγραμμα για Unix, πάρθηκε στην ουσία από την ανάγκη να γίνει ανεξάρτητο λειτουργικού συστήματος. Μια επιπλέον αλλαγή έγινε στη δομή των δεδομένων του AGPS, η οποία βοηθά στο τρέξιμο εξελιγμένων προγραμμάτων ανάλυσης ροής με εξισώσεις Euler και Navier – Stokes. Πλέον αλλάζει ο τρόπος με τον οποίο αποθηκεύονταν τα δεδομένα των χωρικών συντεταγμένων, εντείνοντας τη δυνατότητα παραγωγής πλέγματος του AGPS

και υποστηρίζει την παραγωγή μεγάλου μεγέθους πλεγμάτων, απαραίτητων για την επίλυση εξισώσεων Navier – Stokes.

Άλλη προσθήκη στο πρόγραμμα αποτελεί η δυνατότητα παραγωγής μη δομημένου πλέγματος. Μέχρι τη στιγμή που έγινε η δημοσίευση υπήρχε μια προσπάθεια τριγωνοποίησης των επιφανειών με κριτήρια το ύψος χορδής, τη μέγιστη τριγωνική περιοχή και το μέγιστο μήκος ακμής. Τα πλεονεκτήματα αυτού του εγχειρήματος συμπεριλαμβάνουν:

- Λιγότερες απαιτήσεις σε μνήμη από το πρόγραμμα ανάλυσης ροής, αφού λιγότερα στοιχεία απαιτούνται για να ορισθεί μια περιοχή ροής.
- Καλύτερος χειρισμός της πυκνωσης του πλέγματος.
- Μια δεδομένη γεωμετρία μπορεί να μοντελοποιηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια και σε λιγότερο χρόνο.

Ορισμένα μειονεκτήματα της μεθόδου:

- Μεγαλύτερες απαιτήσεις σε μνήμη από το AGPS.
- Απαιτείται περισσότερος χρόνος για να δημιουργηθεί και να αποθηκευτεί το πλέγμα στο AGPS.

Η παραγωγή πολλαπλού πλέγματος στην Boeing Commercial Airplane Group είναι μια διαδικασία αποτελούμενη από δυο βήματα. Πρώτα, το AGPS χρησιμοποιείται για την αναπαραγωγή της επιφάνειας, τις ακμές των επιφανειών και τα ακραία επιφανειακά πλέγματα. Μετά αυτή η πληροφορία περνά στον κώδικα EAGLE (Eglin Arbitrary Geometry implicit Euler, ένα πρόγραμμα παραγωγής δυσδιάστατων και τρισδιάστατων πλεγμάτων) για να την παραγωγή του πλέγματος σε όγκο μέσα σε αυτά τα όρια. Μόλις τελειώσει αυτή η διαδικασία, υπολογίζεται η ροή στο πλέγμα.

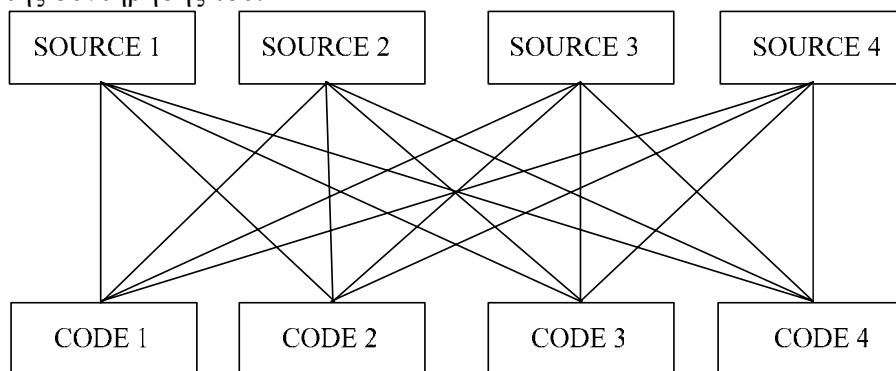
Το πλεονέκτημα της χρήσης του AGPS για την παραγωγή πλέγματος είναι η χρήση του ίδιου συστήματος με αυτό της παραγωγής των επιφανειών. Στην αντίθετη περίπτωση υπάρχει πιθανότητα σφάλματος κατά την μεταφορά των δεδομένων μεταξύ των συστημάτων.

Η εταιρεία Boeing Aerospace and Electronics χρησιμοποιεί επίσης το AGPS για να παρουσιάζει τις τροχιές των αεροσκαφών με τη χρήση «ταινιών» (ribbons). Τα δεδομένα αυτά, που παράγονται από ένα πρόγραμμα βελτιστοποίησης τροχιάς, αποτελούνται από δεδομένα όπως επιτάχυνση g, αριθμός Mach κ.λπ., πάνω σε ένα αεροσκάφος σε δεδομένο διάγραμμα πτήσης. Μαζί με την ταινία παρουσιάζεται και η εικόνα του αεροσκάφους στο κανονικό του ύψος και θέση. Η αναπαραγωγή αυτών των δεδομένων ήταν αρχικά μια δύσκολη και χρονοβόρα διαδικασία που απαιτούσε ένα έμπειρο χρήστη του AGPS, αλλά πλέον, με τη χρήση γλώσσας εντολών και μενού επιλογών μπορούν και οι αμύητοι χρήστες να χρησιμοποιήσουν αυτή τη λειτουργία.

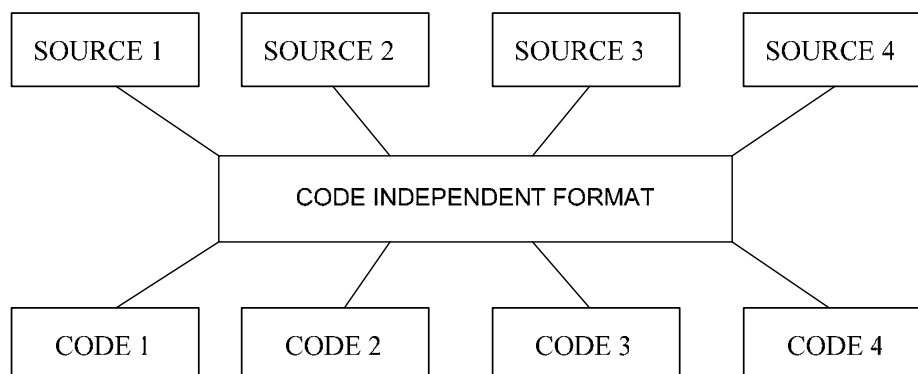
Συμπερασματικά, το πρόγραμμα AGPS είναι ένα πολύ δυνατό εργαλείο για την αεροδυναμική σχεδίαση. Με τις νέες προσθήκες επιτρέπει ευελιξία στην επιλογή λειτουργικού συστήματος, επιτρέποντας τη χρήση του σε νέες εξελιγμένες πλατφόρμες γραφικών. Επίσης, οι νέα ικανότητα παραγωγής πλέγματος βοηθά στη χρήση του προγράμματος σε συνδυασμό με κώδικες ανάλυσης ροής. Όμως, σημαντικό μειονέκτημα του προγράμματος παραμένει να είναι η χρήση του μέσω γραμμής εντολών και οι μέθοδοι παραμετροποίησης που χρησιμοποιεί.

### 1.2.3) Interactive Graphics for Geometry Generation (I3G) (LaBozetta και Cole [4])

Το 1985 οι LaBozetta και Cole [4] παρουσίασαν το λογισμικό I3G, το οποίο παρήγαγε γεωμετρικά μοντέλα για κώδικες επίλυσης της ροής, ενώ υποστήριζε διαφορετικές πηγές δεδομένων. Η καινοτομία του προγράμματος βρίσκεται στη χρήση μορφών δεδομένων ανεξάρτητων υπολογιστικού κώδικα και κοινής επεξεργασίας αυτών. Στα Σχήματα 1.8 και 1.9 φαίνεται η παλιά και η νέα προσέγγιση του I3G για την αλληλεπίδραση πολλαπλών γεωμετρικών δεδομένων εισόδου με διαφορετικούς αναλυτικούς κώδικες. Η χρήση μιας κοινής μορφής δεδομένων εξόδου από το σχεδιαστικό πρόγραμμα ελαττώνει τον αριθμό των απαιτούμενων μέσων διεπαφής, με αποτέλεσμα την ελάττωση του όγκου του απαιτούμενου κώδικα, του ελέγχου του και κυρίως της συντήρησής του.



**Σχήμα 1.8 :** Ο παραδοσιακός τρόπος: Κάθε μορφή δεδομένων μορφοποιείται διαφορετικά για κάθε υπολογιστικό κώδικα [4].



**Σχήμα 1.9 :** Η καινοτομία του I3G: Καθιέρωση γενικής, ανεξάρτητης υπολογιστικού κώδικα μορφής δεδομένων [4].

Έρευνες γύρω από το πρόβλημα της παραγωγής γεωμετρικών μοντέλων έδειξαν ότι ενώ τα γεωμετρικά δεδομένα για κάθε υπολογιστικό κώδικα φαίνονται πολύ διαφορετικά σε λεπτομέρειες, υπάρχουν στην ουσία πολλές ομοιότητες. Επίσης, αν και οι μορφές των γεωμετρικών μοντέλων για διάφορους κώδικες είναι διαφορετικά, μπορούν να

στηριχθούν από κοινές ρουτίνες χειρισμού της γεωμετρίας αν δημιουργούνται με τη φιλοσοφία της ανεξαρτησίας από υπολογιστικούς κώδικες.

Το πρόγραμμα I3G εκμεταλλεύεται σύγχρονες αρχές γραφικών υπολογιστή και διαχείρισης βάσης δεδομένων για τον ταχύ χειρισμό και μορφοποίηση των επιφανειών. Καθώς ο χρήστης βλέπει τα δεδομένα γραφικά κατά τη διάρκεια της σχεδίασης, γίνονται λιγότερα λάθη, τα οποία είναι και πιο εύκολο να ανιχνευτούν.

Το I3G έχει βασικές ευρύτερες λειτουργίες:

- Χειρισμός επιφανειών
- Αναπαραγωγή σημείων πλέγματος από επιφάνεια
- Παραγωγή επιφανειών
- Λειτουργίες προβολής
- Χειρισμός βάσης δεδομένων
- Λειτουργίες εξαγωγής δεδομένων

Το πρόγραμμα δεν προσπαθεί να συναγωνιστεί τα υπάρχοντα CAD πακέτα στον τομέα της παραγωγής επιφανειών. Δίνεται περιορισμένη δυνατότητα ορισμού νέων μορφών επιφανειών. Αντίθετα, παρέχεται ένα εύκολο προς τη χρήση μέσο διεπαφής για πρόσβαση σε δεδομένα από CAD προγράμματα όπως το CATIA, ή το CADAM. Το I3G σχεδιάστηκε για την παροχή δυνατοτήτων παραγωγής σημείων πλέγματος και μορφοποίησης των δεδομένων εξόδου. Είναι στην ουσία επέκταση των πιο ισχυρών CAD προγραμμάτων, όχι αντικατάσταση αυτών. Ο ολικός σχεδιασμός του I3G περιλαμβάνει διατύπωση των δεδομένων σε ανεξάρτητη υπολογιστικού κώδικα μορφή, ένα φιλικό προς το χρήστη περιβάλλον και μια μέθοδο ενημέρωσης του εγχειριδίου χρήσης για την παρούσα έκδοσή του προγράμματος. Ο εσωτερικός σχεδιασμός του προγράμματος διαφέρει από παρόμοια προγράμματα στην υλοποίηση των εσωτερικών συναρτήσεων, στη τεχνική για το χειρισμό των εσωτερικών δεδομένων, στην ύπαρξη συναρτήσεων χαμηλού επιπέδου που ορίζονται αλληλεπιδραστικά και στην ύπαρξη δομών αρχείων και βάσεων δεδομένων.

Το πρόγραμμα I3G πραγματοποιεί όλες τις εσωτερικές λειτουργίες του σε δεδομένα δομής ανεξάρτητης υπολογιστικού κώδικα. Αυτό έχει ως πλεονέκτημα τη χρήση ενός μόνο προγράμματος γεωμετριών που υποστηρίζει πολλαπλές μορφές δεδομένων εισόδου και πολλαπλούς κώδικες αεροδυναμικής, ενώ το μόνο που χρειάζεται για να υποστηρίζονται είτε ακόμα μια μορφή εισόδου ή ακόμα ένας υπολογιστικός κώδικας είναι η ανάπτυξη ενός απλού περιβάλλοντος διεπαφής. Το I3G μπορεί να υποστηρίξει εισαγωγή δεδομένων από μια ποικιλία πηγών γεωμετρικών δεδομένων, όπως το CATIA και το CADAM. Η αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών των προγραμμάτων και του I3G γίνεται μέσω πρωτοκόλλου IGES. Η υιοθέτηση του IGES μεγάλωσε την πιθανότητα το πρόγραμμα να γίνει συμβατό με μεγάλο αριθμό πηγών δεδομένων. Επίσης, το πρόγραμμα υποστηρίζει την παραγωγή γεωμετρικών μοντέλων για διάφορους κώδικες αεροδυναμικής ανάλυσης, πολύ διαφορετικών μεταξύ τους.

Η λειτουργία του I3G είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη χρήση του μέσω μενού επιλογών, βοηθώντας τόσο τον έμπειρο, όσο και τον αμύητο χρήστη να εισάγει δεδομένα εύκολα. Η εμπειρία έδειξε ότι είναι προτιμότερο να υπάρχουν μενού επιλογών με προεπιλογές από το να γίνεται χρήση γραμμής εντολών με ειδική γλώσσα σχεδίασης. Έτσι, ο αμύητος χρήστης μπορεί να οδηγηθεί από το πρόγραμμα, ενώ ο έμπειρος μπορεί να χρησιμοποιήσει γρήγορα τα μενού χωρίς κάποια απώλεια σε ταχύτητα. Το I3G είναι εξοπλισμένο με επιλογή άμεσης βοήθειας. Μόλις αυτή επιλεγθεί, εμφανίζεται η

περιγραφή των διάφορων επιλογών που μπορεί να κάνει ο χρήστης στο συγκεκριμένο σημείο του προγράμματος. Τέλος, το εγχειρίδιο χρήσης του I3G έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυναμικό. Αυτό επιτεύχθηκε με την υιοθέτηση μιας διαδικασίας λεπτομερούς περιγραφής κάθε υπομονάδας (module) του προγράμματος. Η περιγραφή αυτή περιλάμβανε την εισαγωγή σχολίων στην αρχή κάθε υπομονάδας που περιγράφανε το σκοπό της, τη λίστα των μεταβλητών σε αυτήν και τη θεωρία που υπήρχε πίσω από τη συγκεκριμένη υπομονάδα. Το πλήρες εγχειρίδιο του προγράμματος προκύπτει από την αυτόματη απόσπαση αυτών των πληροφοριών από κάθε module, μετατρέποντας το σε μια εύκολη προς χρήση δομή και προσθέτοντας πληροφορίες για τη δομή των υπομονάδων και την περιγραφή των αρχείων του προγράμματος. Καθώς η μέθοδος γραφής του εγχειριδίου χρήσης βασίζεται εξ' ολοκλήρου στην απόσπαση πληροφοριών από τον πηγαίο κώδικα του προγράμματος, είναι εύκολο να ενημερωθεί για πιο εξελιγμένες εκδόσεις του I3G.

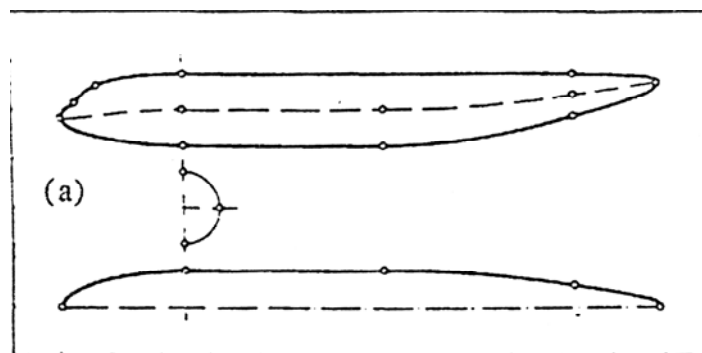
Η εσωτερική σχεδίαση του I3G έγινε με γνώμονα τη δομημένη σχεδίαση και ανάλυση. Τα πιο σημαντικά στοιχεία της εσωτερικής σχεδίασης είναι τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν την εισαγωγή και την εξαγωγή δεδομένων και οι συναρτήσεις χειρισμού των επιφανειών. Οι συναρτήσεις του προγράμματος εκτελούνται ιεραρχικά, από την υψηλότερου επιπέδου υπομονάδα στην χαμηλότερη, επιτρέποντας την πλειοψηφία του πηγαίου κώδικα να γράφεται ανεξάρτητα λειτουργικού συστήματος ή τύπου επιφάνειας. Όλα τα δεδομένα εισόδου περνούν μέσα από μια μοναδική υψηλού επιπέδου υπομονάδα. Η υπομονάδα αυτή παρέχει μια λέξη-κλειδί που ορίζει τον τύπο των δεδομένων που περνούν, καλώντας στη συνέχεια μια χαμηλού επιπέδου υπομονάδα για το συγκεκριμένο λειτουργικό σύστημα στο οποίο τρέχει το πρόγραμμα. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η ανεξαρτησία λειτουργικού συστήματος του προγράμματος. Για να υποστηριχθεί ένα νέο λειτουργικό σύστημα απαιτούνται μερικές (περίπου δέκα) νέες υπομονάδες. Έτσι το πρόγραμμα μπορεί στο μέλλον να υποστηρίξει και πιο εξελιγμένα συστήματα, με πολύ μικρές διαφορές εσωτερικά ή στο περιβάλλον διεπαφής. Η εξαγωγή δεδομένων στο I3G απαιτεί τη χρήση δυο υπομονάδων. Η μία κάνει εξαγωγή κειμένου και η άλλη σχεδιάζει τη γεωμετρία. Η κλήση αυτών των υπομονάδων περιέχει πληροφορίες για το είδος των λειτουργιών που πρέπει να εκτελέσουν και όχι τον τρόπο. Ο τρόπος περιγράφεται στις υπομονάδες χαμηλότερου επιπέδου, κάνοντας έτσι τον κώδικα περισσότερο ευέλικτο. Κατά παρόμοιο τρόπο, όταν μια υπομονάδα χρειάζεται δεδομένα για μια επιφάνεια, καλεί μια γενική υπομονάδα, η οποία επιστρέφει πληροφορίες για διάφορες περιγραφές της επιφάνειας. Όταν η γενική υπομονάδα ζητήσει τα δεδομένα, μια ομάδα μικρότερων μονάδων χαμηλότερου επιπέδου καθορίζουν τον τύπο της επιφάνειας και συνεπώς τις λειτουργίες που πρέπει να γίνουν. Πέρα από την εμφάνιση των επιφανειών, η πρόσβαση στις επιφάνειες γίνεται μόνο με τον ορισμό μιας συντεταγμένης της επιφάνειας στον παραμετρικό της χώρο  $(u,v)$ . Έτσι, η υπομονάδα που επιστρέφει τις συντεταγμένες  $(x,y,z)$  (δεδομένων του ονόματος της επιφάνειας και των  $u,v$ ) χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό στο I3G.

Συμπερασματικά, το I3G είναι ένα πρόγραμμα που επιτρέπει την παραγωγή διαφορετικών μοντέλων για διάφορους κώδικες αεροδυναμικής ανάλυσης. Η εύκολη χρήση του βασίζεται στη χρήση μενού επιλογών και ένα σύστημα άμεσης βοήθειας. Καθώς όμως το πρόγραμμα υπερτερεί στον τομέα της μεταφοράς των δεδομένων, υστερεί στον τομέα της σχεδίασης, αφού βασίζεται σε άλλα CAD προγράμματα για να παράγει τα μοντέλα του.

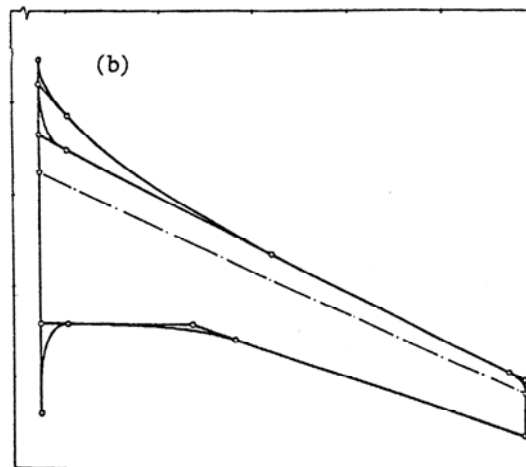
### 1.2.4) Interactive Geometry Definition and Grid Generation for Applied Aerodynamics (Pagendarm, Laurien, Sobieczky)

Το 1988 οι Pagendarm, Laurien και Sobieczky [5] δημοσίευσαν ένα άρθρο για μια καινούρια τεχνική για τον ορισμό επιφανειών και πολύπλοκων γεωμετριών και την παραγωγή πλεγμάτων στο χώρο με πολύ ακριβή και αποτελεσματικό τρόπο. Το πρόγραμμα αναπτύχθηκε στα εργαστήρια του Department of Theoretical Fluid Mechanics του DFVLR στο Göttingen της Γερμανίας.

Σε ένα καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων, όπου ο  $x$  άξονας βρίσκεται στην αξονική διεύθυνση, ο  $y$  στη διεύθυνση του ανοίγματος της πτέρυγας, και ο  $z$  στην κάθετη διεύθυνση, η τεχνική ορισμού γεωμετριών του προγράμματος βασίζεται σε χαρακτηριστικές συναρτήσεις  $Q_k(p)$ , που περιγράφουν τα χαρακτηριστικά-κλειδιά επιφανειών με τη μορφή ατράκτων και φτερών.  $k$  είναι ένας αριθμός-κλειδί και  $p$  μια συνάρτηση που καθορίζει την κατανομή των διατομών του πλέγματος στο διάστημα  $[x_{\min}, x_{\max}]$  για την άτρακτο και  $[y_{\min}, y_{\max}]$  για το φτερό. Για την άτρακτο τα  $Q_k(p_f(x))$  ορίζονται ως (Σχ. 1.10) οι  $z$  και  $y$  συντεταγμένες ενός άξονα στην πλευρά της ατράκτου,  $z$  συντεταγμένες των πάνω και κάτω τοξοειδών ορίων μιας διατομής και κάποιες ακόμα παράμετροι που ορίζουν το σχήμα μιας διατομής μέσα σε αυτά τα όρια ως συνάρτηση του  $x$ . Οι  $p_f(x)$  ορίζουν την κατανομή των διατομών της ατράκτου με  $x$  σταθερό όταν δημιουργείται πλέγμα. Για την πτέρυγα τα χαρακτηριστικά  $Q_k(p_w(y))$  είναι οι  $x$  συντεταγμένες του χείλους προσβολής και εκφυγής (Σχ. 1.11), τρεις συντεταγμένες του άξονα στροφής, η γωνία οπισθόκλισης της πτέρυγας και το σχετικό πάχος της αεροτομής ως συνάρτηση του  $y$ . Οι  $p_w(y)$  ορίζουν την κατανομή των διατομών του πλέγματος με  $y$  σταθερό.



Σχήμα 1.10: Οι χαρακτηριστικές συναρτήσεις για την άτρακτο [5].



Σχήμα 1.11: Οι χαρακτηριστικές συναρτήσεις για την πτέρυγα [5].

Για να ορισθούν οι συναρτήσεις  $Q$  διαιρείται το εύρος τους  $[x_{\min}, x_{\max}]$  σε ένα αριθμό διαστημάτων  $[x_1, x_2]$  και  $[Q_1, Q_2]$  (συνήθως δέκα στον αριθμό). Σε κάθε διάστημα χρησιμοποιούνται αναλυτικές συναρτήσεις για να ορισθεί το σχήμα των  $Q$ . Στο πρόγραμμα έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορων τύπων αναλυτικές συναρτήσεις (Σχ. 1.12). Η πιο απλή είναι γραμμική συνάρτηση  $q=\xi$ , με  $\xi = (x - x_1) / (x_2 - x_1)$  η κανονικοποιημένη τοπική συντεταγμένη στο διάστημα  $x_1 \leq x \leq x_2$  και  $q = (Q - Q_1) / (Q_2 - Q_1)$  η κανονικοποιημένη εξαρτημένη μεταβλητή στο διάστημα στο  $Q_1 \leq Q \leq Q_2$ . Περισσότερο γενικές συναρτήσεις είναι για παράδειγμα η μη γραμμική συνάρτηση με δεδομένες εφαπτόμενες  $a, b$  και μηδενική καμπυλότητα στα άκρα του διαστήματος

$$q = a\xi + (1-a) \times [c\xi^{2c-1} + (1-c)\xi^{2c}],$$

με

$$c = \frac{b-a}{1-a}$$

και μια μη γραμμική συνάρτηση με εφαπτόμενες  $a, b$  και καμπυλότητα στα άκρα του διαστήματος  $e$  και  $f$ .

$$q = a\xi + [1 - b + (b-a)\xi]^n$$

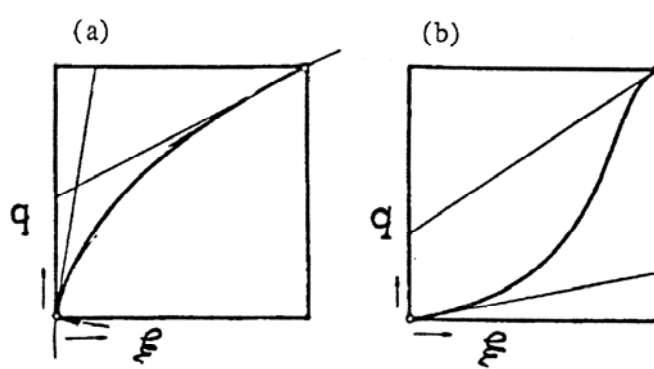
με

$$n = [1 - (1-\xi)^f]^a$$

Επίσης, υποστηρίζονται καμπύλες Bezier, εκθετικές και τριγωνομετρικές συναρτήσεις, ενώ μεγαλύτερη λεπτομέρεια μπορεί να επιτευχθεί αν η συνάρτηση-κλειδί διαιρεθεί σε περισσότερα διαστήματα. Με όποιο αριθμό διαστημάτων και να χρησιμοποιηθεί, η τεχνική αυτή παρέχει ακρίβεια και αναλυτικό έλεγχο των εφαπτομένων και της καμπυλότητας.

Στο πρόγραμμα η επιφάνεια χτίζεται γύρω από ένα σκελετό από τέτοιες χαρακτηριστικές συναρτήσεις. Ομαλές αναλυτικές συναρτήσεις με ορισμένες τις εφαπτόμενες και την καμπυλότητα χρησιμοποιούνται για επιφάνειες μορφής ατράκτου και τυποποιημένες δυσδιάστατες αεροτομές για το φτερό.

Όταν κάποια αντικείμενα συνδυαστούν, για παράδειγμα ένα φτερό με μια άτρακτο, το σημείο επαφής των δυο επιφανειών μπορεί να χρειαστεί ειδική μεταχείριση. Στο πρόγραμμα η περίπτωση αυτή αντιμετωπίζεται προβάλλοντας την ακραία διατομή του φτερού πάνω στην άτρακτο και η επιφάνεια του φτερού προσαρμόζεται βαθμιαία στο σχήμα της προβολής του. Αυτή η τεχνική ορισμού των γεωμετριών χρησιμοποιήθηκε για να ορισθούν επιφάνειες και πλέγματα για παροχή δεδομένων προς κώδικες ανάλυσης ροής.

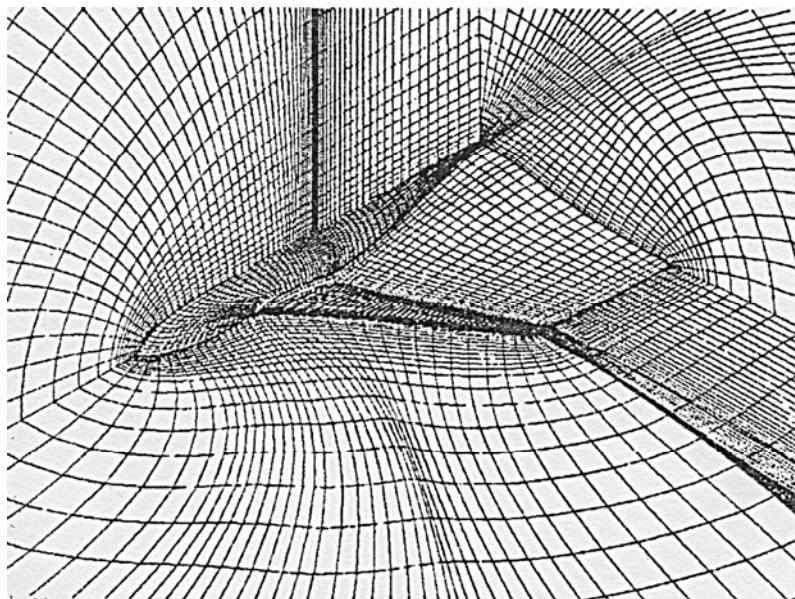


**Σχήμα 1.12:** Παράδειγμα αναλυτικών συναρτήσεων a) μη γραμμική συνάρτηση με έλεγχο εφαπτομένων, b) μη γραμμική συνάρτηση με έλεγχο εφαπτομένων και καμπυλότητας [5].

Η αναπαράσταση των επιφανειών γίνεται με μια πιο γρήγορη τεχνική, η οποία εκμεταλλεύεται τον ορισμό των χαρακτηριστικών συναρτήσεων. Στην ουσία δε χρειάζεται να γίνει υπολογισμός ολόκληρης της γεωμετρίας όταν μόνο κάποιες συναρτήσεις έχουν τροποποιηθεί, για να φανεί το αποτέλεσμα της τροποποίησης. Οι συναρτήσεις αυτές υπολογίζονται ξεχωριστά από τη φάση της αναπαραγωγής της γεωμετρίας, κάνοντας τη διαδικασία πιο γρήγορη. Τα δεδομένα εισάγονται μέσω μενού επιλογών, ενώ εισαγωγή δεδομένων μπορεί να γίνει και με απευθείας αλλαγή τους πάνω σε ένα σχήμα με τη χρήση του ποντικιού. Με παρόμοιο τρόπο γίνονται λειτουργίες όπως εισαγωγή και διαγραφή διαστημάτων.

Το πρόγραμμα παρέχει επίσης δυνατότητες πλεγματοποίησης των επιφανειών, για χρήση σε κώδικες ανάλυσης ροής (Σχήμα 1.13).





Σχήμα 1.13: Παράδειγμα παραγωγής πλέγματος των επιφανειών [5].

Για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων κατασκευάζεται ένα συμπαγές μοντέλο της παραγομένης επιφάνειας. Επίσης, είναι δυνατή η παρουσίαση της μεταβολής ενός μεγέθους πάνω σε μια επιφάνεια με τη χρήση κατάλληλου χρωματισμού.

Συμπερασματικά, η συγκεκριμένη μέθοδος παραγωγής παραμετρικών γεωμετριών είναι ακριβής και αποτελεσματική, ειδικά στον τομέα της αεροδυναμικής ανάλυσης. Όμως, η χρήση αναλυτικών συναρτήσεων για την παραγωγή τέτοιων επιφανειών αποτελεί μειονέκτημα, αφού τέτοιες συναρτήσεις δεν υποστηρίζονται απευθείας από τα υπάρχοντα CAD προγράμματα, πράγμα που κάνει την επικοινωνία με αυτά τα προγράμματα δύσκολη.

### 1.2.5) Interactive Parametric Geometry Design (Sobieczky και Trapp)

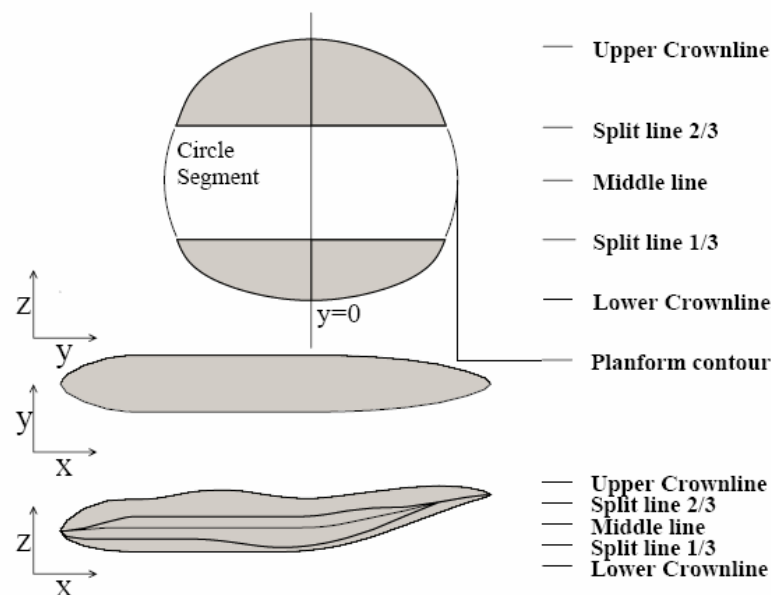
Πολύ σημαντική στον τομέα της παραμετρική σχεδίασης είναι η πιο πρόσφατη δουλειά του Helmut Sobieczky. Τον Ιανουάριο του 1999 δημοσίευσε μαζί με τον J. C. Trapp, το πρόγραμμα που ανέπτυξε για παραμετρική σχεδίαση αεροδυναμικών γεωμετριών. Το πρόγραμμα αυτό ακολουθεί την ίδια λογική παραμετροποίησης με εκείνο που παρουσιάζεται στην εργασία [5], αλλά πλέον διαθέτει γραφικό περιβάλλον και έχει αναδομηθεί, ώστε να ακολουθεί δομή αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού.

Οι γεωμετρίες πλέον θεωρούνται ως αντικείμενα. Κάθε μέρος του αεροπλάνου και κάθε συνάρτηση που το ορίζει αποτελεί ένα ξεχωριστό αντικείμενο. Το σχέδιο δημιουργείται κατασκευάζοντας ένα δέντρο από τέτοια αντικείμενα, που συνδέονται μεταξύ τους.

Ο ορισμός των επιφανειών γίνεται με τη χρήση χαρακτηριστικών καμπύλων, τις οποίες εισάγει ο χρήστης με τη μορφή δυσδιάστατων συναρτήσεων. Οι συναρτήσεις αυτές ελέγχονται από ένα αριθμό παραμέτρων, όπως η εφαπτομενική κλίση και η καμπυλότητα σε συγκεκριμένα σημεία. Οι χαρακτηριστικές καμπύλες συναρμολογούνται από κομμάτια απλούστερων συναρτήσεων, οι οποίες ονομάζονται βασικές συναρτήσεις. Στις βασικές συναρτήσεις συμπεριλαμβάνονται τριγωνομετρικές, πολυωνυμικές και

κωνικές συναρτήσεις. Όλες οι συναρτήσεις εκέγχονται από το πολύ τέσσερις παραμέτρους. Έτσι κάθε τμήμα της χαρακτηριστικής καμπύλης που βασίζεται σε μια βασική συνάρτηση αποτελείται από τις παραμέτρους των σημείων αρχής και τέλους του τμήματος, ένα δείκτη που αναφέρεται στο είδος της συνάρτησης και τις τέσσερις παραμέτρους ελέγχου της. Η συνέχεια της καμπύλης μπορεί να αξασφαλιστεί αν η καμπυλότητα στα όρια δυο τμημάτων οριστεί να είναι ίση. Δεν υπάρχει όριο στον αριθμό των χαρακτηριστικών συναρτήσεων που χρειάζονται για να ορισθεί μια καμπύλη.

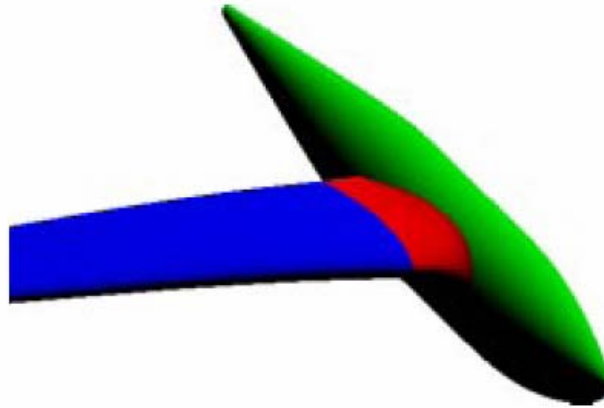
Ένας αριθμός τέτοιων χαρακτηριστικών καμπύλων μπορεί να ορίσει το σχήμα μιας επιφάνειας, για παράδειγμα μιας ατράκτου (Σχ. 1.13). Απλές γεωμετρίες τέτοιου είδους είναι γεωμετρίες που προκύπτουν από περιστροφή. Για να ορισθεί μια άτρακτος με ελλειπτική διατομή θα πρέπει να ορισθεί μια δεύτερη καμπύλη που θα ορίζει το δεύτερο άξονα της έλλειψης. Με αυτό τον τρόπο μπορούν να προκύψουν περίπλοκα σχήματα. Γενικότερα, οι επιφάνειες με τη μορφή ατράκτων ορίζονται από ένα αριθμό διατομών όπου οι χαρακτηριστικές καμπύλες ορίζουν την αλλαγή των παραμέτρων τους κατά μήκος του άξονα της ατράκτου. Στις επιφάνειες με τη μορφή φτερών οι χαρακτηριστικές καμπύλες ορίζουν την αλλαγή των διατομών του φτερού στον άξονα της στρέβλωσης. Έτσι μπορούν να ορισθούν η γωνία πρόσπτωσης, η συστολή και το πάχος του φτερού. Οι διατομές ορίζονται είτε με αναλυτικές μεθόδους (πχ NACA Σειράς 4), ή από ένα αριθμό συντεταγμένων στο επίπεδο, που ορίζουν μια ειδική αεροτομή [6].



**Σχήμα 1.13:** Παράδειγμα παραγωγής ατράκτου με περισσότερες από μια χαρακτηριστικές καμπύλες [6].

Όλοι οι τύποι επιφανειών είναι παραμετρικές συναρτήσεις, που περιγράφουν μια δυοδιάστατη περιοχή στον τρισδιάστατο χώρο. Για περισσότερη ανάλυση των δεδομένων υπολογίζονται οι μερικές παράγωγοι των παραμέτρων. Υπολογίζονται πρώτα οι παράγωγοι των διατομών, δίνοντας μια διεύθυνση στον παραμετρικό χώρο. Η δεύτερη διεύθυνση υπολογίζεται από την αλλαγή της μορφής των διατομών και από την τοποθέτησή τους στην επιφάνεια. Οι μερικές παράγωγοι χρησιμοποιούνται για παράδειγμα σε αλγόριθμους αναζήτησης συγκεκριμένων σημείων στην επιφάνεια. Μια από τις χρήσεις τέτοιων αλγορίθμων είναι η εύρεση της τομής δυο επιφανειών. Το πρόγραμμα περιέχει μερικούς αλγόριθμους για την ένωση φτερών και ατράκτων

βασισμένους σε αυτή τη λογική. Για να γίνει αυτό, το φτερό και η άτρακτος σχεδιάζονται με ένα μικρό κενό ανάμεσά τους, όπου μπαίνει το κομμάτι της σύνδεσης (Σχ. 1.14) [6].



**Σχήμα 1.14:** Παράδειγμα σύνδεσης φτερού με άτρακτο [6].

Ακολουθώντας την τάση της εποχής του, να γίνεται χρήση επαναχρησιμοποιήσιμου κώδικα, το πρόγραμμα έχει σχεδιαστεί με τη λογική του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού. Έτσι, το πρόγραμμα δεν περιορίζεται στη σχεδίαση αεροσκαφών, αλλά επεκτείνεται στην παραγωγή οποιουδήποτε γεωμετρικού αντικειμένου. Κάθε γεωμετρικό αντικείμενο με αυτή την έννοια αποτελείται από ένα περιορισμένο αριθμό παραμέτρων, με τις οποίες μπορούν να υπολογιστεί το σχήμα του. Οι παράμετροι των αντικειμένων μπορεί να μην είναι μόνο αριθμητικοί, αλλά και της μορφής άλλων αντικειμένων ή λίστας αντικειμένων. Τα αντικείμενα είναι βασισμένα σε υπάρχουσες κλάσεις του προγράμματος, οι οποίες ποικίλουν από ορισμούς ελλειπτικών καμπύλων μέχρι τρισδιάστατες επιφάνειες για σχεδίαση αεροσκαφών. Κάθε γεωμετρικός αλγόριθμος αποτελεί μια διαφορετική κλάση. Για τον ορισμό αυτών των αλγορίθμων χρησιμοποιούνται ήδη υπάρχουσες κλάσεις. Έτσι χρειάζεται ελάχιστος κώδικας για να ορισθεί μια καινούρια κλάση, ενώ οι επιφάνειες που δημιουργούνται είναι παραμετρικές.

Συμπερασματικά, το συγκεκριμένο πρόγραμμα σχεδίασης συνδυάζει τα στοιχεία ενός μοντέρνου, ανεξάρτητου πλατφόρμας προγράμματος παραγωγής γεωμετριών, με ευέλικτους γεωμετρικούς αλγόριθμους. Η γενική μορφή του προγράμματος το καθιστά ικανό για την παραγωγή διάφορων γεωμετριών, ενώ μπορούν να προστεθούν νέοι αλγόριθμοι που θα το επιτρέψουν αυτό. Όμως, ένα μειονέκτημα του προγράμματος είναι το γεγονός ότι λόγω της χρήσης βασικών συναρτήσεων, για την επικοινωνία του με άλλα CAD προγράμματα, οι επιφάνειες θα πρέπει να προσεγγισθούν στις αντίστοιχες NURBS επιφάνειες, διαδικασία η οποία εισάγει ανακρίβειες στον ορισμό των επιφανειών [6].

## **Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> : Περιγραφή του λογισμικού Ge.P.A.S.**

Στο παρόν κεφάλαιο θα εξηγηθεί αναλυτικά η μεθοδολογία που ακολουθείται για την κατασκευή των τρισδιάστατων αεροδυναμικών επιφανειών, όπως αυτή υλοποιείται στο πρόγραμμα Ge.P.A.S. Επίσης θα παρουσιαστεί ένα αναλυτικό εγχειρίδιο χρήσης του προγράμματος, καθώς και μια λεπτομερής περιγραφή της μεθοδολογίας του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του προγράμματος.

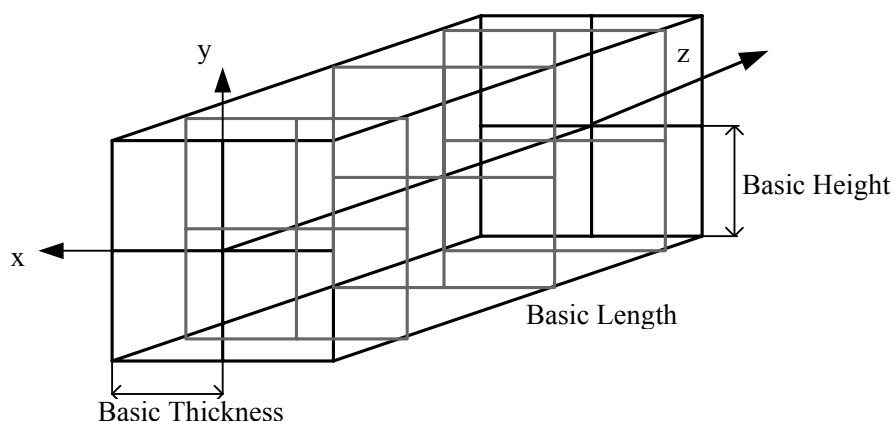
### **2.1) Η κατασκευή των τρισδιάστατων αεροδυναμικών επιφανειών**

Προκειμένου να αναπαραχθούν ικανοποιητικά σχέδια αεροσκαφών, απαιτείται να συνδυαστούν δύο είδη επιφανειών με διαφορετικές ιδιότητες, οι οποίες θα διαφοροποιούν την κάθε επιφάνεια. Τα δύο είδη επιφανειών που χρειάζεται να συνδυαστούν και που υποστηρίζονται από το πρόγραμμα είναι επιφάνειες τύπου *ατράκτου* και επιφάνειες τύπου *πτέρυγας*.

Η κατασκευή όλων των επιφανειών γίνεται ακολουθώντας την ίδια σχεδόν διαδικασία, σε μια σειρά από επίπεδα «χτισίματος» της κάθε επιφάνειας. Επίσης, όλες οι επιφάνειες είναι πλήρως παραμετρικές, αφού όλα τα μεγέθη που τις περιγράφουν είναι αδιάστατα και εξαρτώνται από μόνο ένα βασικό μέγεθος, το οποίο είναι το ολικό μήκος του αεροσκάφους.

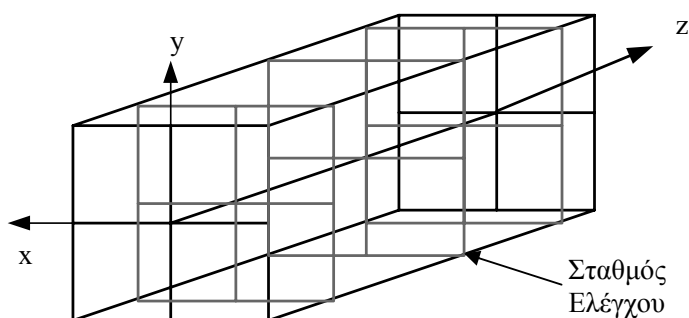
#### **2.1.1) Σχεδίαση επιφανειών τύπου *ατράκτου***

Για να κατασκευαστεί μια επιφάνεια τύπου *ατράκτου*, αρχικά πρέπει να οριστεί ένας όγκος αναφοράς, μέσα στον οποίο θα δημιουργηθεί η επιφάνεια (Σχ. 2.1). Ο όγκος αναφοράς έχει μήκος (Basic Length), το οποίο ορίζεται ως ποσοστό του μήκους του αεροσκάφους. Το πλάτος (Basic Thickness) και το ύψος (Basic Height) του όγκου αναφοράς ορίζονται ως ποσοστά του βασικού μήκους (Basic Length) του [7].

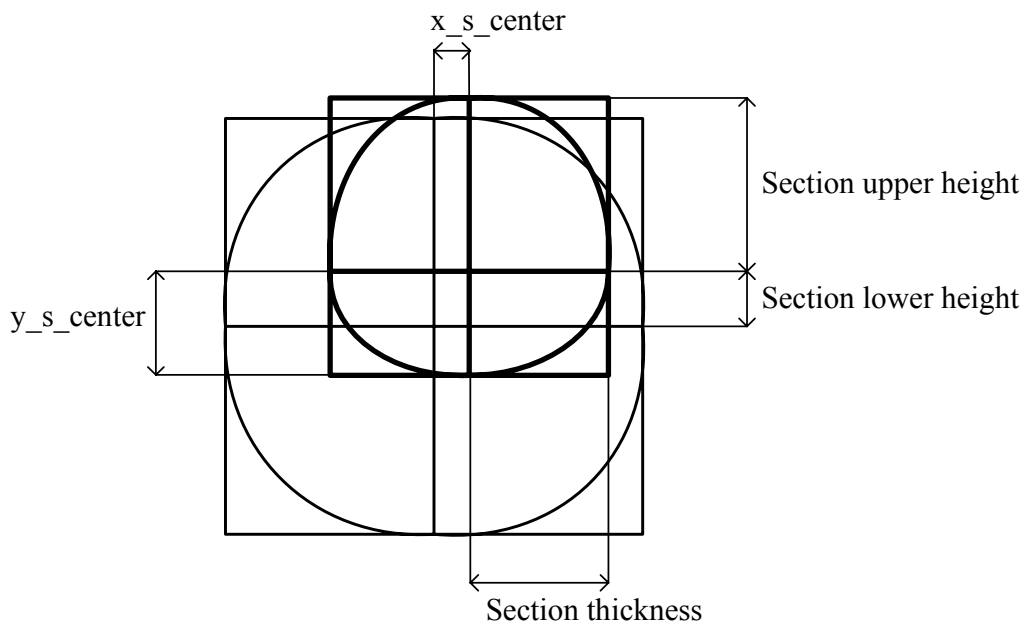


**Σχήμα 2.1:** Ο όγκος αναφοράς για τη δημιουργία της επιφάνειας τύπου *ατράκτου* [7].

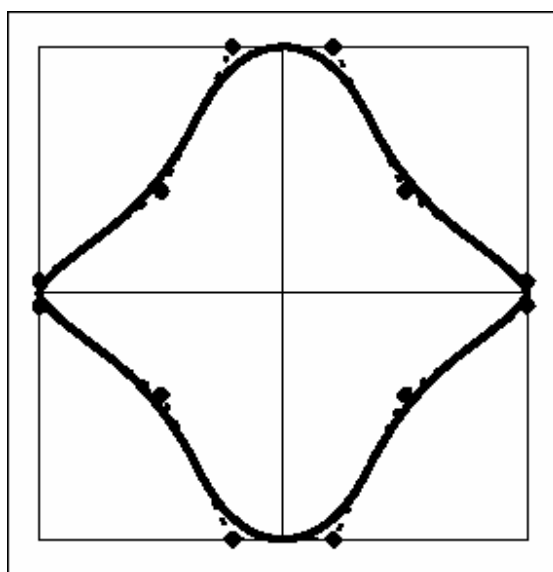
Στη συνέχεια, ο όγκος αναφοράς χωρίζεται σε ένα αριθμό διατομών – σταθμών ελέγχου, οι οποίοι βρίσκονται κατά μήκος του z-άξονα της επιφάνειας (Σχ. 2.2). Αυτοί οι σταθμοί ελέγχου καθορίζουν τη γεωμετρία της επιφάνειας. Κάθε σταθμός ελέγχου μπορεί να παραμορφωθεί, μεταβάλλοντας τις τιμές του πλάτους του (section thickness), του κάτω (section lower height) και του πάνω ύψους (section upper height), μεγέθη τα οποία είναι επίσης αδιάστατα και υπολογίζονται ως ποσοστά του πάχους και του πλάτους του όγκου αναφοράς, αντίστοιχα.. Επίσης κάθε σταθμός μπορεί να μετακινηθεί σε όλους τους άξονες, αλλάζοντας τη θέση του κέντρου του ( $y\_s\_center$ ,  $x\_s\_center$ ) (Σχ. 2.3). Στη συνέχεια, μια NURBS καμπύλη, η οποία θα περιγράφεται από ένα αριθμό σημείων ελέγχου (Control Points) πρέπει να προσαρμοσθεί σε κάθε σταθμό ελέγχου, έτσι ώστε να ορισθεί η βασική γεωμετρία του συγκεκριμένου σταθμού ελέγχου (Σχ. 2.4). Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω παραμέτρους, μπορεί να δημιουργηθεί μια αρκετά πολύπλοκη επιφάνεια τύπου ατράκτου. Όμως, μπορεί να επιτευχθεί ένας μεγαλύτερος βαθμός ελευθερίας, καθώς οι συντεταγμένες και το βάρος (weight) κάθε σημείου ελέγχου, που περιγράφουν την καμπύλη που προσαρμόζεται σε κάθε σταθμό ελέγχου, μπορούν να αλλάξουν, προκειμένου να δημιουργηθεί μια πιο περίπλοκη επιφάνεια [7].



**Σχήμα 2.2:** Διάφοροι σταθμοί ελέγχου σε έναν όγκο αναφοράς [7].

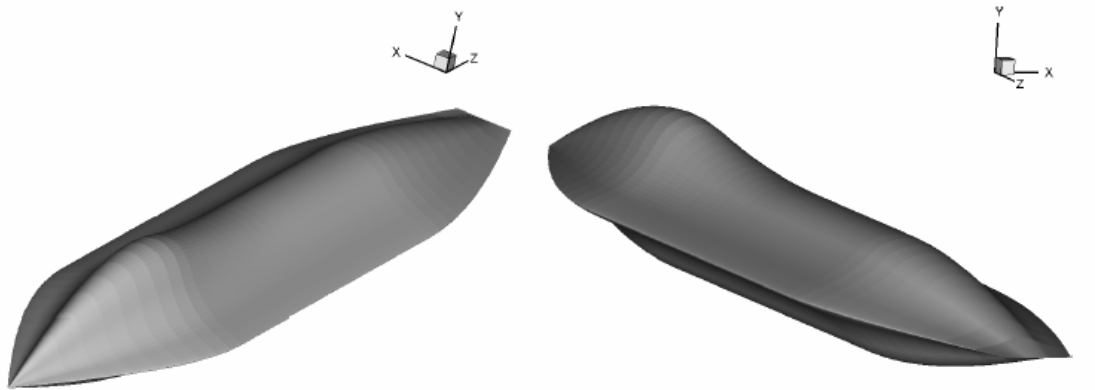


Σχήμα 2.3: Οι παράμετροι παραμόρφωσης και μετατόπισης ενός σταθμού ελέγχου [7].



Σχήμα 2.4 : Καμπύλη NURBS, προσαρμοσμένη σε έναν σταθμό ελέγχου [7].

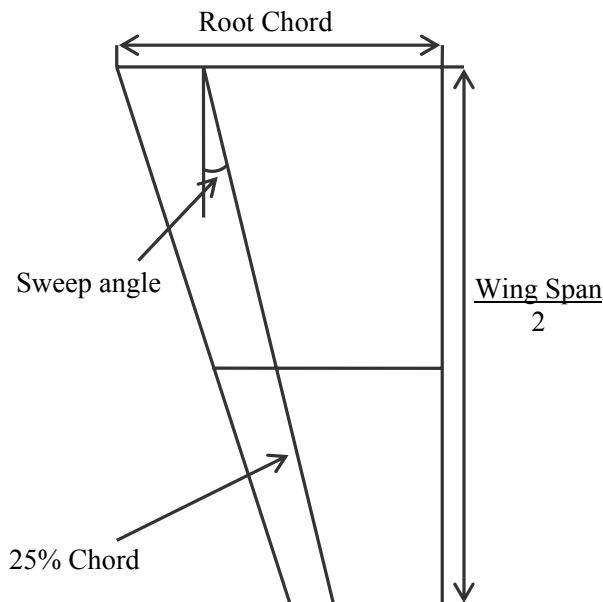
Στο Σχήμα 2.5, φαίνεται μια επιφάνεια τύπου *ατράκτου*, η οποία αποτελείται από έξι σταθμούς ελέγχου. Η καμπύλη που προσαρμόστηκε σε όλους τους σταθμούς ελέγχου είναι αυτή που φαίνεται στο Σχήμα 2.4. Η επιφάνεια αυτή είναι ένα απλό παράδειγμα που δείχνει πώς, χρησιμοποιώντας μία μόνο καμπύλη και παραμορφώνοντας τους σταθμούς ελέγχου που απαρτίζουν την επιφάνεια, μπορούν να παραχθούν πολύπλοκα σχέδια σε μικρό χρόνο [7].



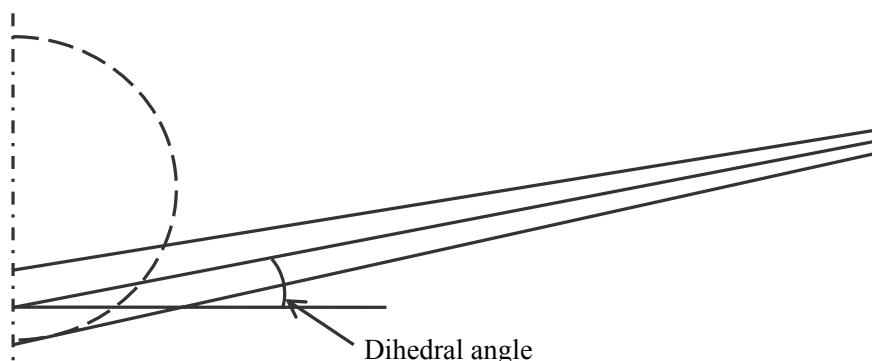
**Σχήμα 2.5 :** Επιφάνεια τύπου ατράκτου κατασκευασμένη με βάση την καμπύλη του Σχήματος 2.4 [7].

### 2.1.2) Σχεδίαση επιφανειών τύπου πτέρυγας

Για τον παραμετρικό ορισμό επιφανειών τύπου πτέρυγας ακολουθείται η ίδια περίπου διαδικασία με τη σχεδίαση επιφανειών τύπου ατράκτου. Οι επιφάνειες τύπου πτέρυγας ορίζονται με βάση το μήκος του αεροπλάνου, προκειμένου το ολικό σχέδιο να είναι παραμετρικό μόνο ως προς αυτό το μήκος. Έτσι, ορίζεται το άνοιγμα της ημιπτέρυγας (Wing span /2) ως ποσοστό του μήκους του αεροσκάφους και το μήκος της βασικής αεροτομής της πτέρυγας (Root Chord) ως ποσοστό του ανοίγματος της ημιπτέρυγας (Σχ. 2.6). Η θέση της ημιπτέρυγας στους τρεις άξονες υπολογίζεται ως ποσοστό του μήκους του αεροσκάφους. Κάθε επιφάνεια τύπου πτέρυγας μπορεί να έχει μια γωνία οπισθόκλισης και μια γωνία διέδρου (Σχ. 2.7).



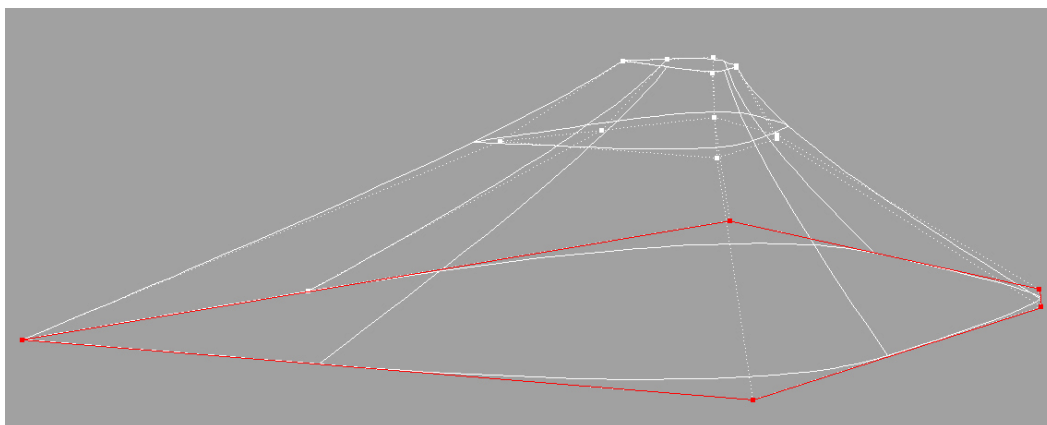
**Σχήμα 2.6 :** Βασικά μεγέθη μιας επιφάνειας τύπου πτέρυγας.



**Σχήμα 2.7 :** Η γωνία διέδρου του φτερού.

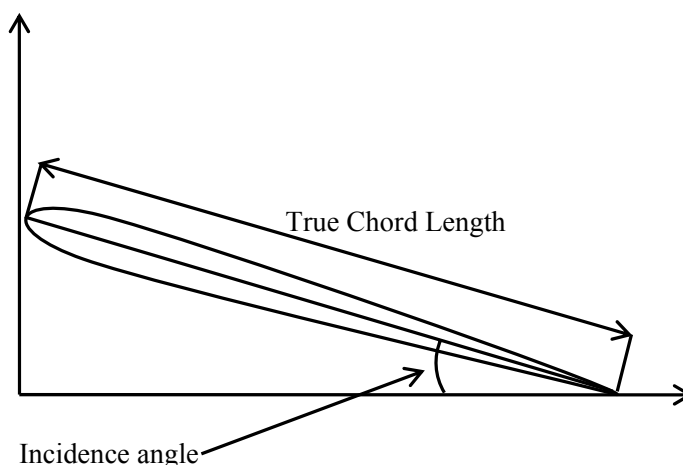
Επειδή για τη δημιουργία της επιφάνειας τύπου πτέρυγας χρησιμοποιούμε παραμετρικές επιφάνειες NURBS, ο βαθμός της επιφάνειας μπορεί να ορισθεί στις δυο διευθύνσεις της δημιουργίας της (ακτινική και περιφερειακή).

Αφού ορισθούν οι διαστάσεις της πτέρυγας και η θέση της στο χώρο, χωρίζεται σε ένα αριθμό από σταθμούς ελέγχου, που ονομάζουμε χορδές (chords) (Σχ. 2.8). Όλες οι χορδές βρίσκονται κατά μήκος του ανοίγματος της ημιπτέρυγας και η θέση τους υπολογίζεται ως ποσοστό αυτού, ενώ κάθε χορδή μπορεί να μετατοπιστεί κατά μήκος του  $x$  άξονα. Το μήκος κάθε χορδής (chord length) ορίζεται ως ποσοστό του μήκους της βασικής αεροτομής της πτέρυγας (Root Chord). Σε κάθε χορδή μπορεί να ορισθεί μια διαφορετική γωνία πρόσπτωσης (Σχ. 2.9). Δίνοντας διαφορετικές τιμές στη γωνία πρόσπτωσης των χορδών ενός φτερού μπορούμε να δημιουργήσουμε στρέβλωση (twist) της πτέρυγας (Σχ. 2.10). Τέλος, σε κάθε χορδή πρέπει να προσαρμοσθεί μια αεροτομή υπό τη μορφή καμπύλης NURBS (Σχ. 2.8), για να μπορεί να σχεδιαστεί η επιφάνεια. Οι καμπύλες που προσαρμόζονται στις χορδές ενός φτερού πρέπει να έχουν τον ίδιο αριθμό σημείων ελέγχου, προκειμένου η επιφάνεια που θα προκύψει να έχει σωστή μορφή [7].

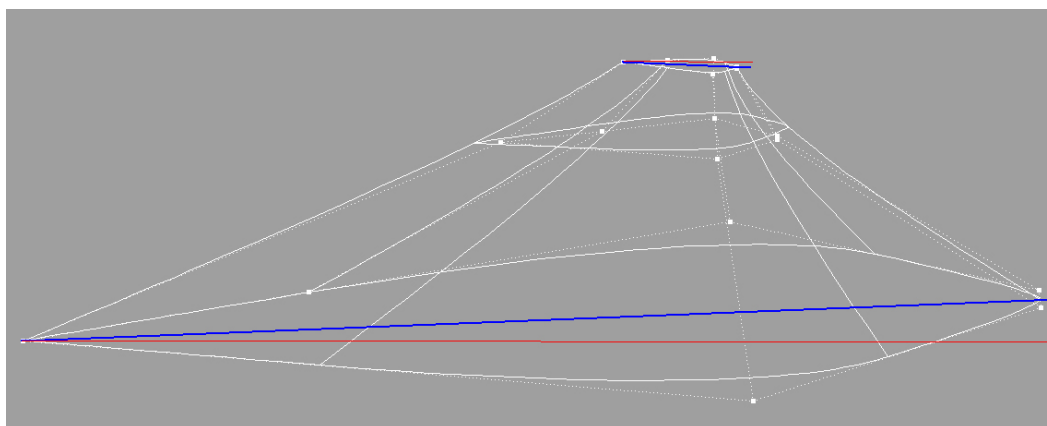


**Σχήμα 2.8 :** Οι χορδές που απαρτίζουν μια επιφάνεια τύπου πτέρυγας. Με κόκκινο φαίνεται το πολύγωνο ελέγχου της βασικής αεροτομής.





Σχήμα 2.9 : Βασικά χαρακτηριστικά αεροτομής.



Σχήμα 2.10 : Προσαρμογή των γωνιών πρόσπτωσης των χορδών ενός φτερού για τη δημιουργία twist. Με κόκκινη γραμμή φαίνεται ο z άξονας και με κυανή ο τοπικός άξονας κάθε χορδής.

Για να υπολογιστεί η πραγματική θέση των σημείων ελέγχου, που απαρτίζουν την επιφάνεια τύπου πτέρυγας, αρχικά υπολογίζεται η πραγματική θέση των χορδών στις οποίες αυτά βρίσκονται στους τρεις άξονες. Η πραγματική θέση μιας χορδής στο x άξονα προκύπτει από την αδιάστατη θέση της χορδής μαζί με τη μετατόπιση που της δόθηκε. Για τον υπολογισμό της πραγματικής θέσης μιας χορδής στον y άξονα συνυπολογίζεται η θέση της πτέρυγας σε αυτόν τον άξονα μαζί με τη γωνία διέδρου της πτέρυγας. Τέλος, η θέση μιας χορδής στον z άξονα υπολογίζεται με βάση την θέση της πτέρυγας σε αυτόν τον άξονα και τη γωνία οπισθόκλισης της πτέρυγας. Στη συνέχεια υπολογίζεται το πραγματικό μήκος κάθε χορδής λόγω της γωνίας πρόσπτωσης (Σχ. 2.9) και η θέση των σημείων ελέγχου της αεροτομής λόγω στροφής κατά τη γωνία πρόσπτωσης. Κατά τη σχεδίαση της πτέρυγας δεν υπάρχει η δυνατότητα μετατόπισης των σημείων ελέγχου και μετατροπή των βαρών τους ξεχωριστά, αφού κάθε αεροτομή είναι μοναδική [7].

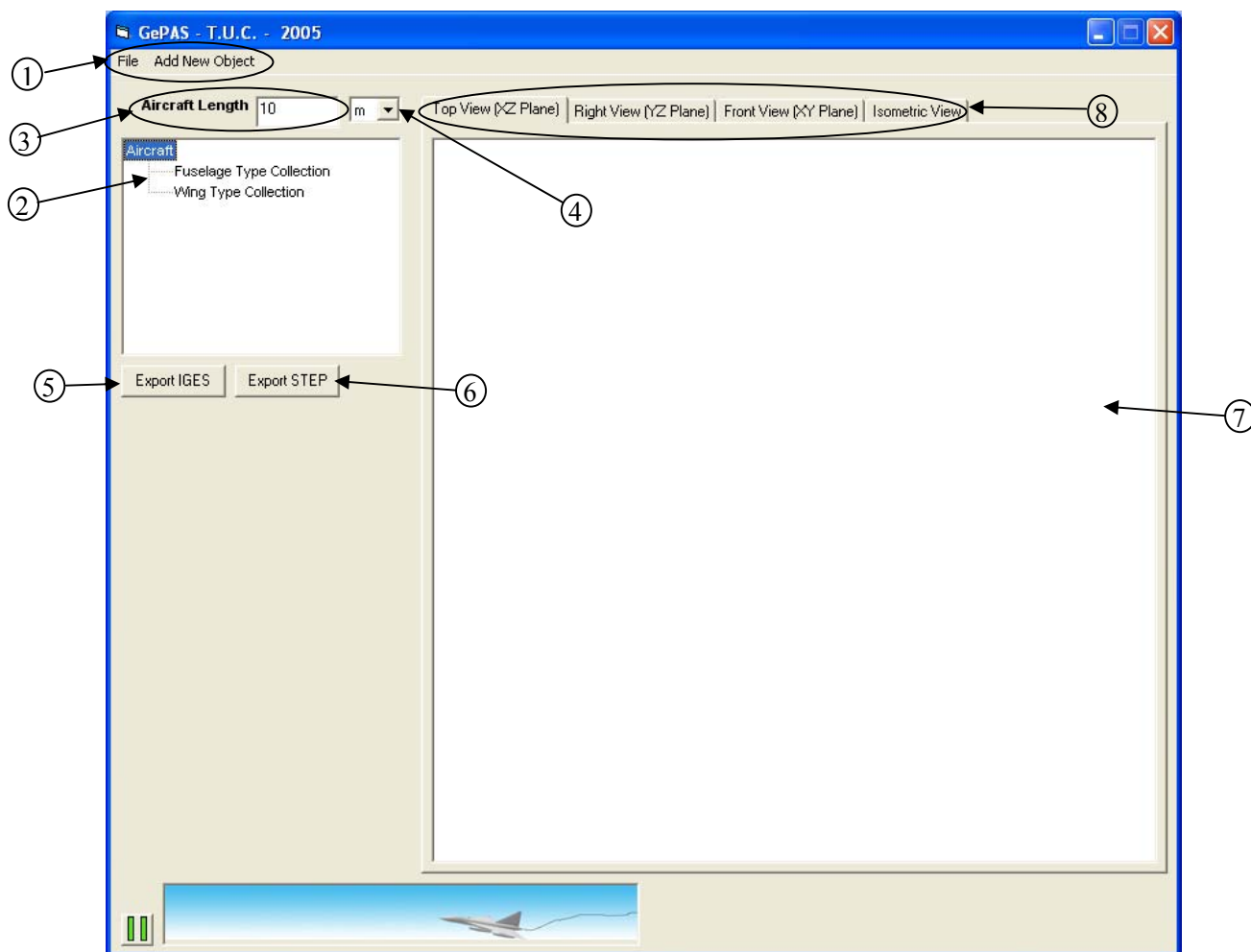
Λόγω των πολλών επιλογών που υπάρχουν κατά τη σχεδίαση μιας επιφάνειας τύπου πτέρυγας, αυτός ο τύπος επιφάνειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την κατασκευή ουραίων πτερυγίων, καθώς και στηριγμάτων των μηχανών του αεροσκάφους.

## 2.2) Εγχειρίδιο χρήσης του Ge.P.A.S.

Σε αυτή την ενότητα παρατίθεται ένα εγχειρίδιο χρήσης του λογισμικού, που αναπτύχθηκε για τη σχεδίαση αεροδυναμικών επιφανειών. Δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στο περιβάλλον διεπαφής του λογισμικού, ώστε αυτό να είναι φιλικό προς το χρήστη. Το πρόγραμμα τρέχει σε περιβάλλον Windows και αναπτύχθηκε στη γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic 6.0.

### 2.2.1) Η αρχική οθόνη

Εκτελώντας το πρόγραμμα Ge.P.A.S.exe, εμφανίζεται στην οθόνη η βασική φόρμα του προγράμματος (Σχ. 2.11). Σε αυτή φαίνονται το βασικό μενού (1), το δέντρο με τις επιφάνειες που θα δημιουργηθούν (2), το πλαίσιο για την επιλογή του ολικού μήκους του αεροσκάφους (3), η επιλογή του μετρικού συστήματος στο οποίο θα σχεδιαστεί το αεροσκάφος (4), η επιλογή για την εξαγωγή των επιλεγμένων επιφανειών σε αρχείο τύπου IGES (5) [11], η επιλογή για την εξαγωγή των επιλεγμένων επιφανειών σε αρχείο μορφής STEP (6) [11], η επιφάνεια προβολής των δημιουργημένων επιφανειών (7) και η επιλογή τύπου προβολής των επιφανειών (8).



Σχήμα 2.11 : Η αρχική φόρμα του λογισμικού Ge.P.A.S.

### **Βασικό Μενού**

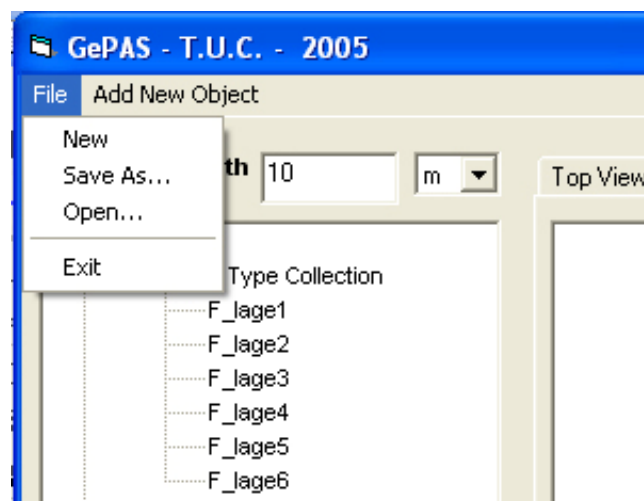
Από αυτό το μενού πραγματοποιούνται όλες οι βασικές λειτουργίες του προγράμματος.

Από το μενού «File» (Σχ 2.12), ο χρήστης μπορεί να ξεκινήσει ένα καινούριο σχέδιο, να σώσει σε ένα αρχείο κειμένου τα χαρακτηριστικά του σχεδίου του, να ανοίξει ένα υπάρχον σχέδιο και να βγει από το πρόγραμμα.

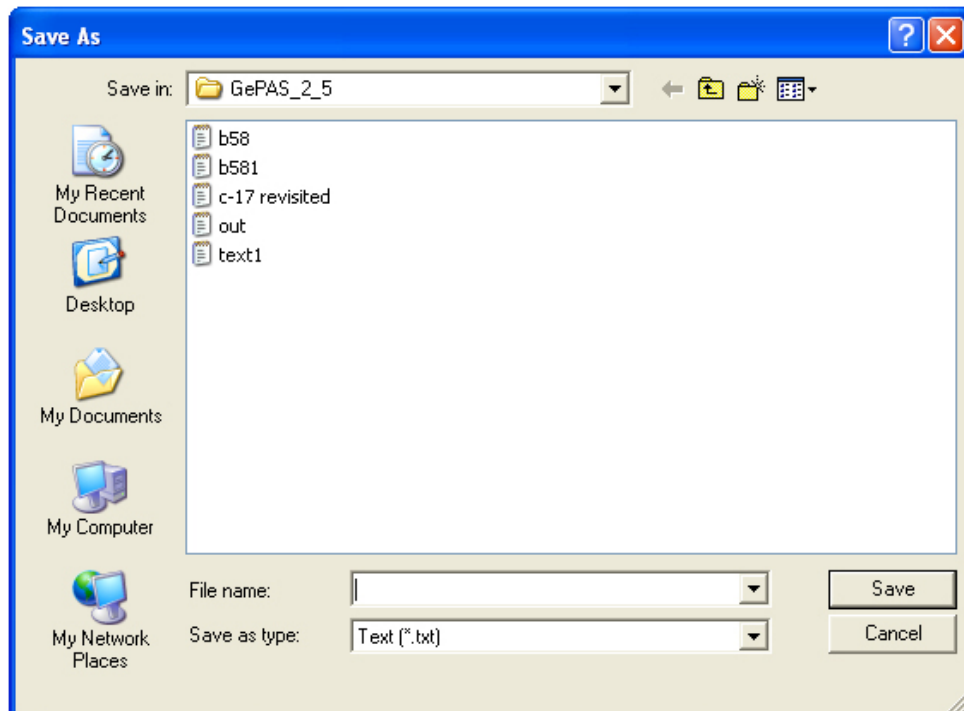
- Επιλέγοντας την εντολή «New», ένα νέο σχέδιο δημιουργείται. Όλες οι επιφάνειες που έχουν δημιουργηθεί και δεν έχουν αποθηκευτεί χάνονται. Πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την εκκίνηση του προγράμματος δημιουργείται ένα καινούριο σχέδιο, άρα ο χρήστης μπορεί να αρχίσει να προσθέτει νέες επιφάνειες, χωρίς να επιλέξει την εντολή New.
- Επιλέγοντας την εντολή «Save As...», εμφανίζεται ένας διάλογος αποθήκευσης του σχεδίου σε αρχείο κειμένου (Σχ. 2.13α). Ο χρήστης πρέπει να επιλέξει ένα όνομα αρχείου στο οποίο θα αποθηκευτεί το υπάρχον σχέδιο.
- Επιλέγοντας την εντολή «Open...», εμφανίζεται ένας διάλογος, ανοίγματος αρχείου κειμένου (Σχ. 2.13β). Ο χρήστης πρέπει να επιλέξει ένα υπάρχον σχέδιο για άνοιγμα.

Το αρχείο στο οποίο αποθηκεύεται ένα σχέδιο έχει τη μορφή ενός αρχείου κειμένου (\*.txt), και είναι φτιαγμένο με τέτοιο τρόπο ώστε ο χρήστης να μπορεί να αλλάξει οποιοδήποτε από τα στοιχεία του σχεδίου του, επεμβαίνοντας στο ίδιο το αρχείο με ένα απλό πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένου, χωρίς να χρειάζεται να τρέξει το ίδιο το πρόγραμμα. Για να μπορέσει, όμως το πρόγραμμα να αναγνωρίσει το τροποποιημένο αρχείο, η μορφή στην οποία είναι γραμμένο θα πρέπει να διατηρηθεί. Σε περίπτωση που η μορφή ενός αρχείου αλλάξει, το πρόγραμμα είτε θα βγάλει κάποιο μήνυμα λάθους χωρίς να μπορεί να ανοίξει το αρχείο, είτε θα ανοίξει το αρχείο, αλλάζοντας όμως ριζικά το σχέδιο.

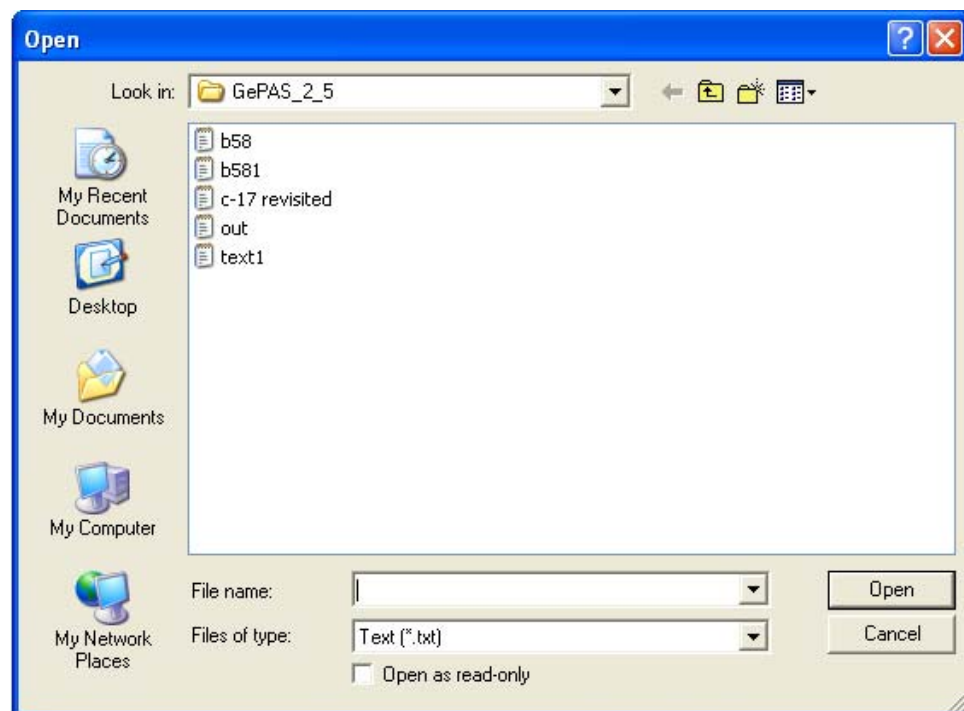
- Με την εντολή «Exit», το πρόγραμμα τερματίζει.



Σχήμα 2.12 : Το μενού «File» του βασικού μενού.



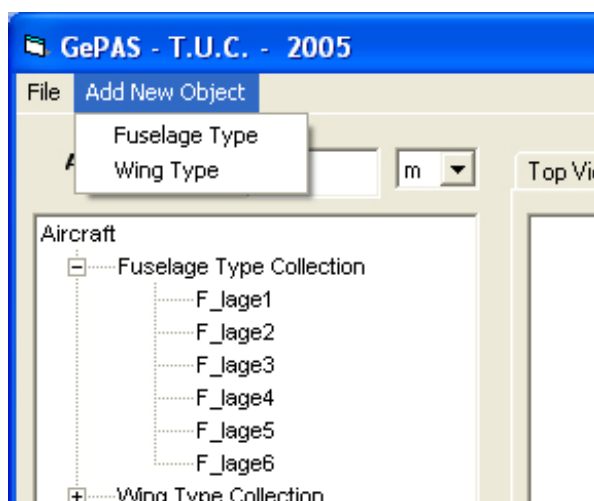
Σχήμα 2.13α : Ο διάλογος αποθήκευσης του δημιουργημένου σχεδίου.



Σχήμα 2.13β : Ο διάλογος ανοίγματος ενός υπάρχοντος σχεδίου.

Από το μενού «Add New Object» (Σχ 2.14), ο χρήστης μπορεί να προσθέσει μια καινούρια επιφάνεια στο σχέδιο. Συγκεκριμένα:

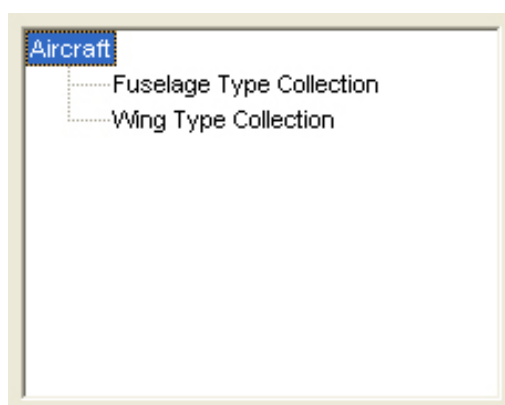
- Επιλέγοντας την εντολή «Fuselage Type», ο χρήστης δημιουργεί μια καινούρια επιφάνεια τύπου ατράκτου.
- Επιλέγοντας την εντολή «Wing Type», ο χρήστης δημιουργεί μια καινούρια επιφάνεια τύπου πτέρυγας.



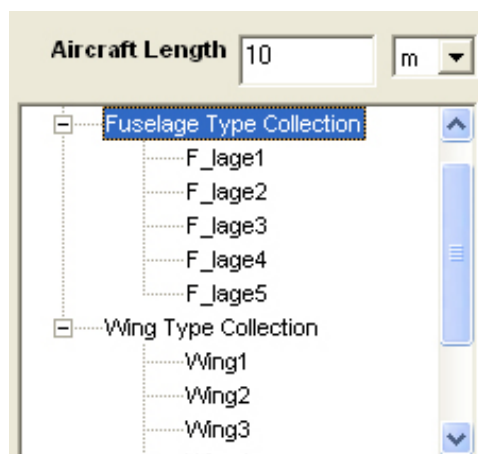
Σχήμα 2.14 : Το μενού «Add New Object».

### Δέντρο επιφανειών

Αυτό είναι το δέντρο στο οποίο φαίνονται όλες οι επιφάνειες που έχει δημιουργήσει ο χρήστης. Αρχίζοντας ένα καινούριο σχέδιο, στο δέντρο φαίνεται η ρίζα του που έχει το όνομα Aircraft, καθώς και δυο παιδιά, τα οποία είναι ξεχωριστά οι συλλογές με επιφάνειες τύπου άτρακτος και τύπου πτέρυγας («Fuselage Type Collection» και «Wing Type Collection») (Σχ. 2.15). Όταν δημιουργείται μια καινούρια επιφάνεια, αυτή προστίθεται στο δέντρο ανάλογα με τον τύπο της (Σχ 2.16).

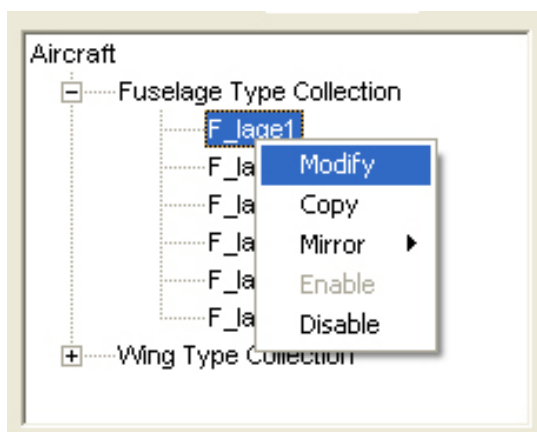


Σχήμα 2.15 : Τα δέντρο των επιφανειών με τις δύο βασικές συλλογές.



**Σχήμα 2.16** : Ένα σχέδιο υπό εξέλιξη. Όλες οι επιφάνειες είναι ταξινομημένες κατά συλλογή.

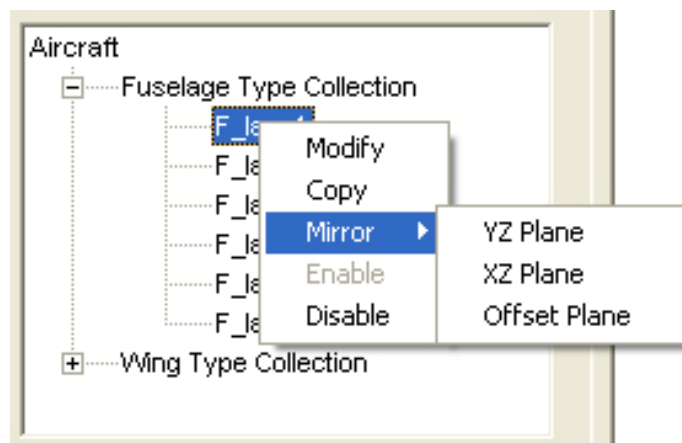
Κάνοντας δεξί κλικ σε οποιαδήποτε επιφάνεια στο δέντρο, εμφανίζεται ένα μενού με τις επιλογές «Modify», «Copy», «Mirror» και «Disable», ενώ είναι απενεργοποιημένη η εντολή «Enable» (Σχ 2.17).



**Σχήμα 2.17** : Το αναδυόμενο μενού στο δέντρο των επιφανειών.

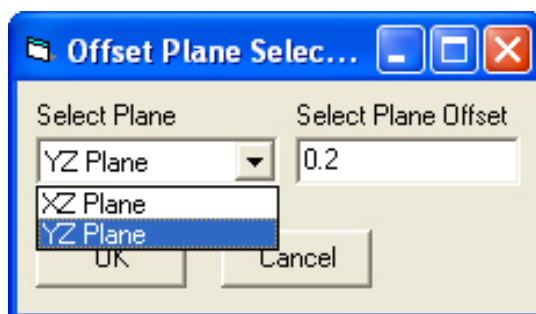
- Επιλέγοντας την εντολή «Modify», ο χρήστης μπορεί να αλλάξει όλα τα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης επιφάνειας, μέσω της φόρμας που εμφανίζεται ανάλογα με τον τύπο της επιφάνειας.
- Επιλέγοντας την εντολή «Copy», δημιουργείται μια καινούρια επιφάνεια, ακριβές αντίγραφο της επιλεγμένης επιφάνειας. Το όνομα της δημιουργημένης επιφάνειας είναι «F\_lagei», αν πρόκειται για επιφάνεια τύπου άτρακτος και «Wingi» αν πρόκειται για επιφάνεια τύπου πτέρυγας, με i τον αύξοντα αριθμό των επιφανειών σε κάθε συλλογή.
- Επιλέγοντας την εντολή «Mirror», δημιουργείται μια καινούρια επιφάνεια, η οποία είναι κατοπτρική της επιλεγμένης επιφάνειας. Το πρόγραμμα υποστηρίζει δημιουργία Mirror ως προς το y-z, ως προς το x-z επίπεδο, καθώς και δημιουργία κατοπτρικής επιφάνειας σε κάποιο επίπεδο μετατοπισμένο προς την τρίτη διεύθυνση (Σχ. 2.18). Κάθε δημιουργημένη επιφάνεια, προστίθεται στο τέλος της ανάλογης συλλογής και

έχει όνομα «F\_lagei», αν πρόκειται για επιφάνεια τύπου ατράκτου ή «Wingi» αν πρόκειται για επιφάνεια τύπου πτέρυγας.



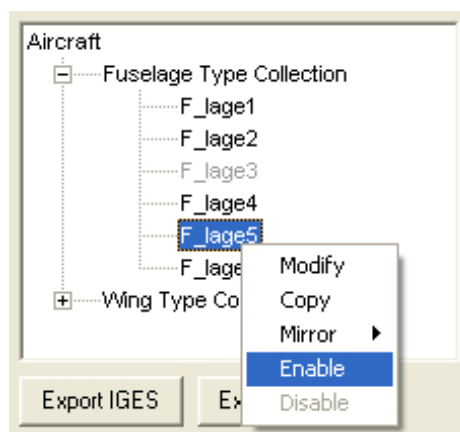
**Σχήμα 2.18** : Οι επιλογές για δημιουργία αντικατοπτρισμού μέσα από το αναδυόμενο μενού του δέντρου των επιφανειών.

Επιλέγοντας την εντολή «Offset Plane» εμφανίζεται μια φόρμα επιλογής του επιπέδου (Σχ. 2.19) ως προς το οποίο θα πραγματοποιηθεί η κατοπτρική αντιγραφή, καθώς και η μετατόπιση του επιπέδου αυτού στον τρίτο άξονα ως ποσοστό του μήκους του αεροσκάφους.



**Σχήμα 2.19** : Φόρμα δημιουργίας κατοπτρικής επιφάνειας σε μετατοπισμένο επίπεδο.

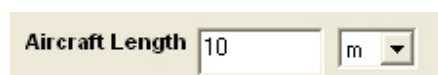
- Επιλέγοντας την εντολή «Disable», η συγκεκριμένη επιφάνεια αποκτά ένα γκριζό χρώμα στο δέντρο και απενεργοποιείται, καθώς και η λειτουργία «Disable» από το παρόν μενού, ενώ ενεργοποιείται η λειτουργία «Enable». Η απενεργοποιημένη επιφάνεια δεν συμπεριλαμβάνεται στο IGES [11] αρχείο που δημιουργείται (Σχ. 2.20). Επιλέγοντας την εντολή «Enable», ενεργοποιείται η απενεργοποιημένη επιφάνεια.



**Σχήμα 2.20 :** Η λειτουργία «Disable\ Enable». Η απενεργοποιημένη επιφάνεια παίρνει ένα γκριζό χρώμα, ενώ ενεργοποιείται η λειτουργία «Enable».

### **Το μήκος του αεροσκάφους και το μετρικό σύστημα του σχεδίου**

Το μήκος του αεροσκάφους είναι το μοναδικό διαστατό μέγεθος του σχεδίου. Με βάση αυτό υπολογίζονται όλα τα υπόλοιπα πραγματικά μεγέθη. Από το πλαίσιο του σχήματος 2.21, ο χρήστης μπορεί να αλλάξει το μήκος του αεροσκάφους και από το διπλανό μενού, μπορεί να επιλέξει το μετρικό σύστημα, στο οποίο θα δημιουργηθεί το σχέδιο. Το μήκος του αεροσκάφους μπορεί να αλλάχθει οποιαδήποτε στιγμή κατά τη δημιουργία του σχεδίου. Ως προεπιλογή, το μήκος του αεροσκάφους είναι 10 μέτρα. Τα μετρικά συστήματα που υποστηρίζονται είναι μέτρα (m), χιλιοστά του μέτρου (mm), πόδια (ft) και ίντσες (in).



**Σχήμα 2.21 :** Το μήκος του αεροσκάφους και η επιλογή του μετρικού συστήματος του σχεδίου.

### **Εξαγωγή του σχεδίου σε IGES Format**

Κάνοντας κλικ στην εντολή «Export IGES», εμφανίζεται ένας διάλογος αποθήκευσης του σχεδίου σε μορφή IGES [11]. Ο χρήστης πρέπει να επιλέξει ένα όνομα αρχείου στο οποίο θα αποθηκευτεί το σχέδιο. Το IGES αρχείο μπορεί ύστερα να ανοιχτεί από οποιοδήποτε CAD πρόγραμμα, προκειμένου να επεξεργαστεί περαιτέρω ο χρήστης το σχέδιο αεροπλάνου που δημιούργησε.

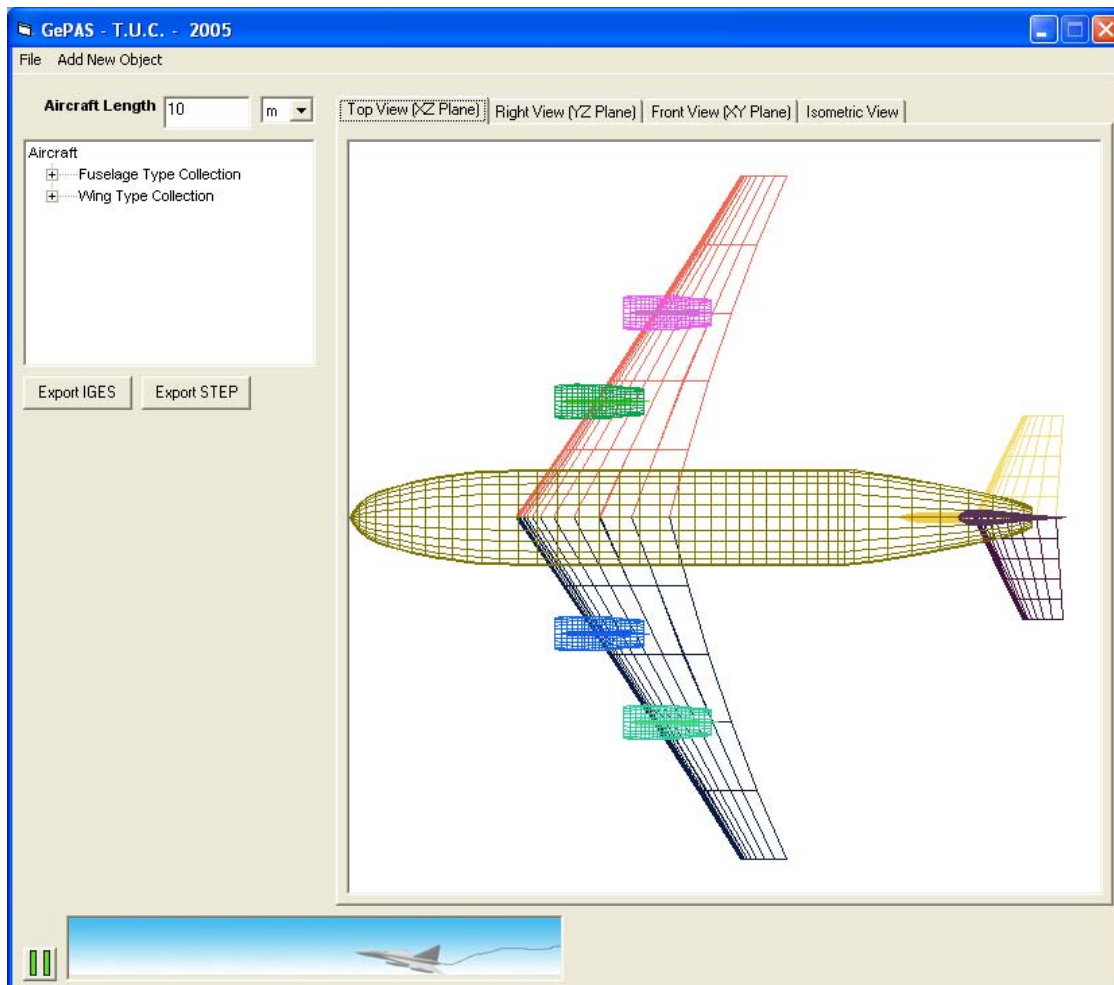
### **Εξαγωγή του σχεδίου σε STEP Format**

Επιλέγοντας την εντολή «Export STEP», εμφανίζεται ένας διάλογος αποθήκευσης του δημιουργημένου σχεδίου σε αρχείο μορφής STEP [11]. Ο χρήστης πρέπει να επιλέξει το όνομα του αρχείου στο οποίο θα αποθηκευτεί το σχέδιο. Στη συνέχεια, το αρχείο STEP μπορεί να διαβαστεί από οποιοδήποτε CAD πρόγραμμα, για την περαιτέρω επεξεργασία του σχεδίου.



**Επιφάνεια προβολής των δημιουργημένων επιφανειών**

Στο λευκό πλαίσιο που καταλαμβάνει τη μεγαλύτερη επιφάνεια της αρχικής φόρμας απεικονίζεται το αεροσκάφος που έχει σχεδιαστεί ή μέρος αυτού, που επιλέγεται από το χρήστη. Στο σχήμα 2.22 φαίνεται ολόκληρο το σχέδιο σε κάτοψη. Από το πρόγραμμα υποστηρίζονται τέσσερις όψεις του σχεδίου (κάτοψη, πρόοψη, πλάγια όψη και ισομετρική τρισδιάστατη όψη σε 30° γωνία ως προς τους τρεις άξονες). Η σχεδίαση των επιφανειών γίνεται σε μορφή μοντέλου σύρματος (wireframe).

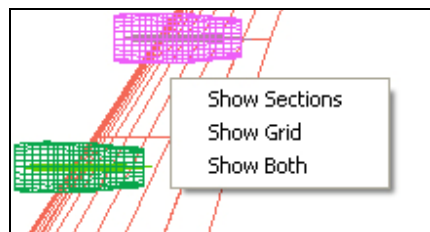


**Σχήμα 2.22** : Απεικόνιση των δημιουργημένων επιφανειών.

Με αριστερό κλικ σε κάποιο από τα στοιχεία του δέντρου των επιφανειών, θα απεικονιστεί στην επιφάνεια σχεδίασης το συγκεκριμένο αντικείμενο. Στο πρόγραμμα δίνεται η δυνατότητα να σχεδιάζονται ξεχωριστά οι επιφάνειες διαφορετικού τύπου με αριστερό κλικ στο όνομα της κάθε συλλογής. Για να σχεδιαστεί ολόκληρο το σχέδιο αρκεί ένα αριστερό κλικ στη λέξη «Aircraft», που βρίσκεται στην αρχή του δέντρου.

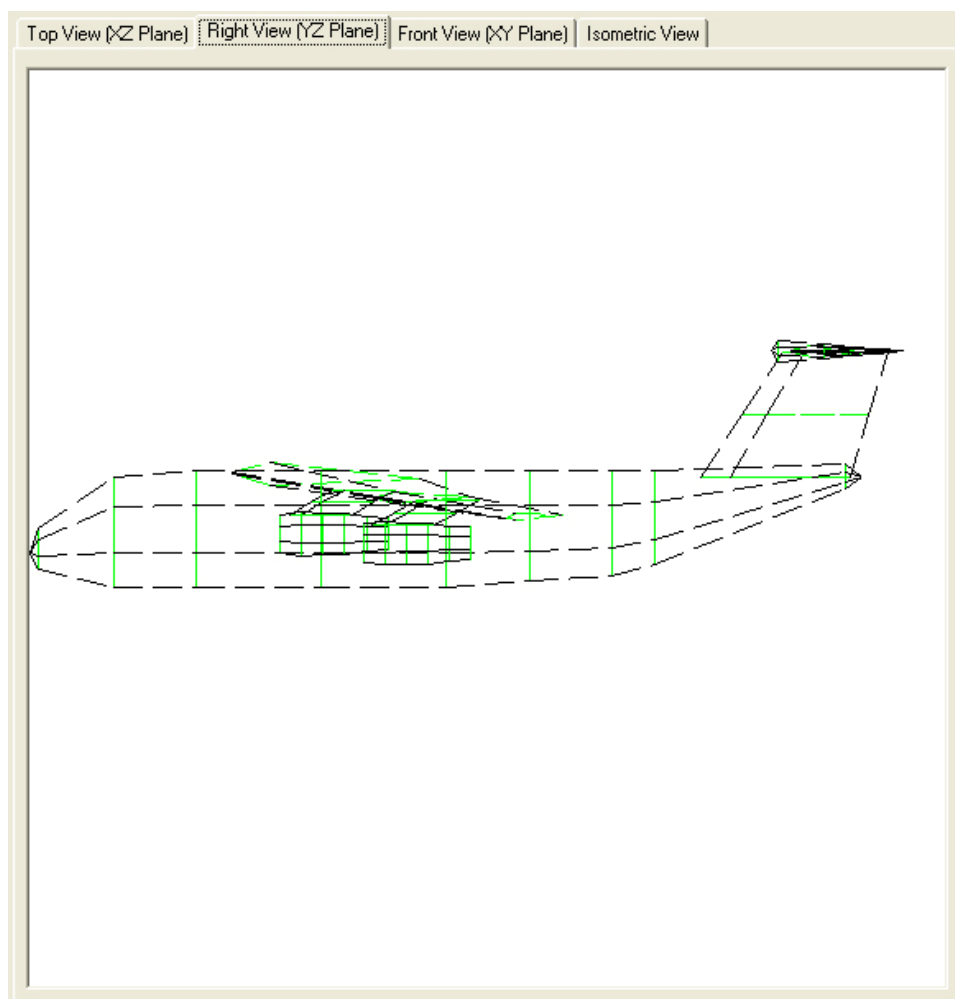
Με δεξί κλικ στην επιφάνεια προβολής των επιφανειών εμφανίζεται ένα αναδυόμενο μενού (Σχ. 2.23), από το οποίο ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την εμφάνιση του

πολυγώνου ελέγχου στο σχέδιο. Δίνεται η δυνατότητα ταυτόχρονης προβολής του πολυγώνου ελέγχου και του σχεδίου, είτε η εμφάνιση τους ξεχωριστά.



**Σχήμα 2.23** : Αναδυόμενο μενού επιλογής εμφάνισης πολυγώνου ελέγχου.

Με αριστερό κλικ στην εντολή «Show Sections» σχεδιάζεται το πολύγωνο ελέγχου του επιλεγμένου αντικειμένου. Αντίθετα, με αριστερό κλικ στην εντολή «Show Grid» σχεδιάζεται συγκεκριμένη όψη του επιλεγμένου αντικειμένου, ενώ με την επιλογή «Show Both» εμφανίζονται τόσο η επιλεγμένη όψη όσο και το πολύγωνο ελέγχου του επιλεγμένου αντικειμένου. Στο σχήμα 2.24 φαίνεται το πολύγωνο ελέγχου ενός σχεδίου σε πλάγια όψη.

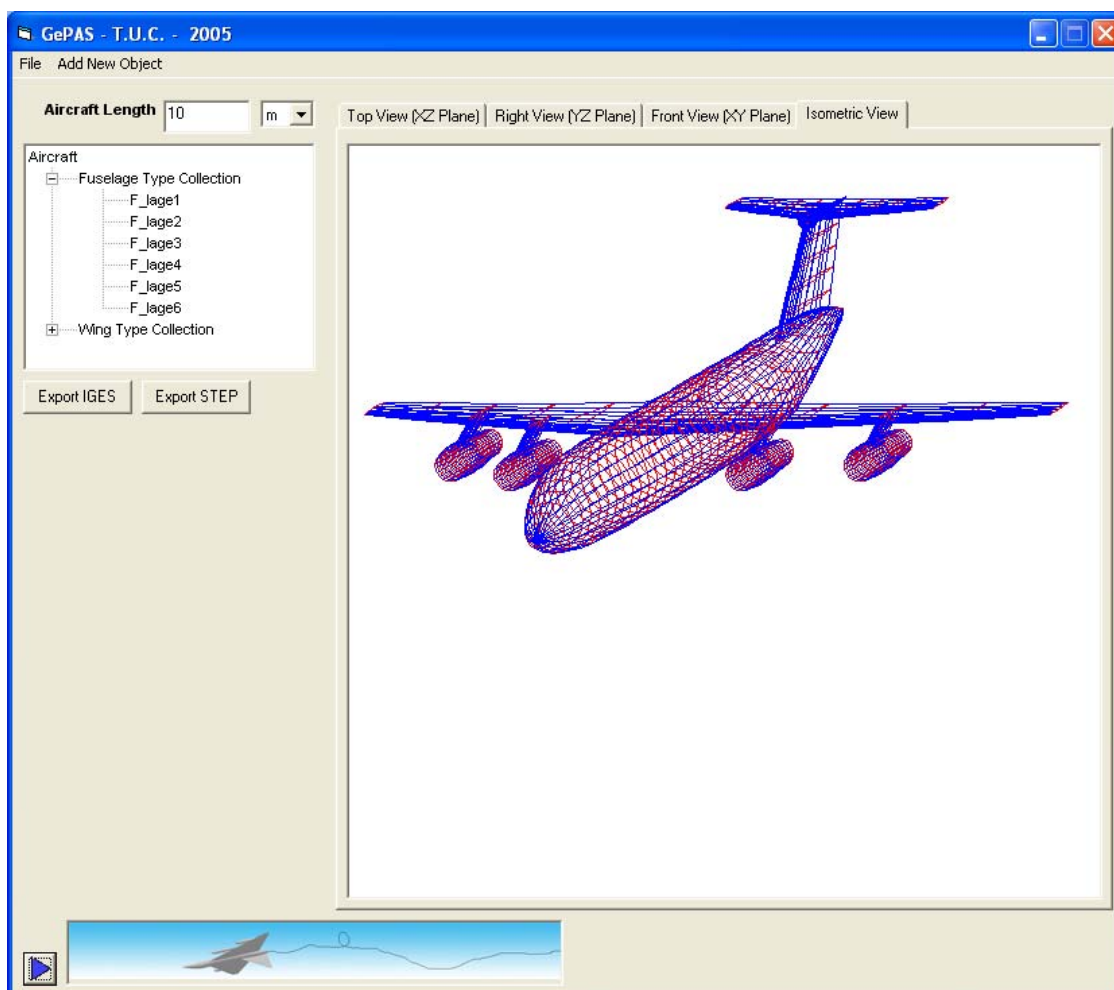


**Σχήμα 2.24** : Το πολύγωνο ελέγχου ενός σχεδίου όπως φαίνεται στην αρχική φόρμα.

Πάνω από την επιφάνεια προβολής των επιφανειών υπάρχει η επιλογή των διαφορετικών όψεων του σχεδίου οι οποίες μπορούν να προβληθούν (Σχ. 2.25). Η επιλογή των διαφορετικών όψεων μπορεί να γίνει με αριστερό κλικ στην κάθε εντολή. Στο σχήμα 2.26 παρουσιάζεται η τρισδιάστατη ισομετρική όψη ενός σχεδίου.



**Σχήμα 2.25 :** Επιλογή όψης στην προβολή των επιφανειών.



**Σχήμα 2.26 :** Ισομετρική τρισδιάστατη όψη σχεδίου, όπως παρουσιάζεται στην κεντρική φόρμα του προγράμματος.

### 2.2.2) Φόρμα δημιουργίας – τροποποίησης επιφάνειας τύπου ατράκτου

Επιλέγοντας την εντολή «Fuselage Type» από το μενού «Add New Object» της αρχικής φόρμας, δημιουργείται μια καινούρια επιφάνεια τύπου ατράκτου. Ταυτόχρονα εμφανίζεται μια φόρμα με όνομα «Fuselage Type Object», μέσω της οποίας ο χρήστης μπορεί να μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά της νέας επιφάνειας (Σχ. 2.27). Η ίδια φόρμα εμφανίζεται σε περίπτωση που ο χρήστης επιλέξει την εντολή «Modify» από το αναδυόμενο μενού του δέντρου της αρχικής φόρμας, έχοντας επιλέξει μια επιφάνεια τύπου ατράκτου.

Η φόρμα αυτή χωρίζεται σε δυο μέρη. Το πρώτο μέρος περιέχει τις μεταβλητές που αφορούν στην επιφάνεια ολικά (σχήμα 2.27(1)), ενώ το δεύτερο μέρος περιέχει τις μεταβλητές που αφορούν ξεχωριστά τον κάθε σταθμό ελέγχου που απαρτίζει την άτρακτο (σχήμα 2.27(2)).

**Fuselage Type Object**

**Fuselage Definition**

Name: F\_lage1

**Size**  
 Length: 1  
 Height: 0.05  
 Thickness: 1

**Position**  
 X Position: 0  
 Y Position: 0  
 Z Position: 0

**Section Distribution**  
 Uniform

**Surface definition**  
 Degree in peripheral direction: 2  
 Degree in axial direction: 2  
 Open Surface: ☐

☒ NURBS Surface  
☐ Skinned Surface

Number of Sections: 5

**Set Fuselage Properties**

**Sections Definition**

**Sections**  
 Section 0  
 Section 1  
 Section 2  
 Section 3  
 Section 4  
 Section 5

**Deformation**  
 Upper Height: 1  
 Lower Height: 1  
 Thickness: 1

**Axial Shift**  
 X Shift: 0  
 Y Shift: 0  
 Z Shift: 0

Section Profile: Diamond

**Control Points Delta Definition**

	Delta X	Delta Y	Delta Z	Delta W
Control Point 0	0	0	0	0
Control Point 1	0	0	0	0
Control Point 2	0	0	0	0
Control Point 3	0	0	0	0
Control Point 4	0	0	0	0
Control Point 5	0	0	0	0
Control Point 6	0	0	0	0
Control Point 7	0	0	0	0

**Section Visualization**

**Set Section**

OK Cancel

Σχήμα 2.27 : Η φόρμα δημιουργίας – τροποποίησης μιας επιφάνειας τύπου ατράκτου.

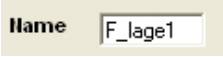
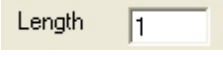
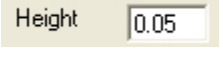
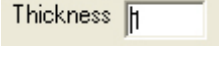
### Πλαίσιο ορισμού της ατράκτου (Fuselage Definition)

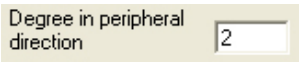
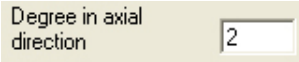
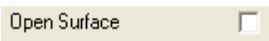

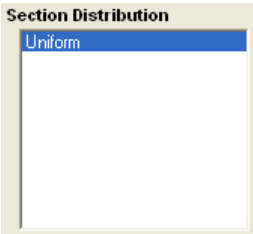

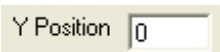


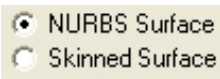
Σε αυτό το μέρος της φόρμας «Fuselage Type Object», ορίζονται όλες οι μεταβλητές που αφορούν ολικά στην άτράκτο (Σχ. 2.28). Στη συνέχεια παρατίθενται όλα τα στοιχεία που ορίζονται μέσω αυτού του πεδίου.

The image shows a 'Fuselage Definition' dialog box with the following elements and callouts:

- 1: Name field (F\_lage1)
- 2: Length field (1)
- 3: Height field (0.05)
- 4: Thickness field (1)
- 5: Degree in peripheral direction field (2)
- 6: Degree in axial direction field (2)
- 7: Open Surface checkbox (unchecked)
- 14: Surface type radio buttons (NURBS Surface selected, Skinned Surface unselected)
- Position section with X, Y, and Z Position fields (all 0)
- Section Distribution dropdown menu (Uniform selected)
- 8: Number of Sections field (5)
- 13: Set Fuselage Properties button
- 9, 10, 11, 12: Callouts pointing to the Section Distribution dropdown menu

Σχήμα 2.28 : Το πλαίσιο ορισμού της ατράκτου (Fuselage Definition).

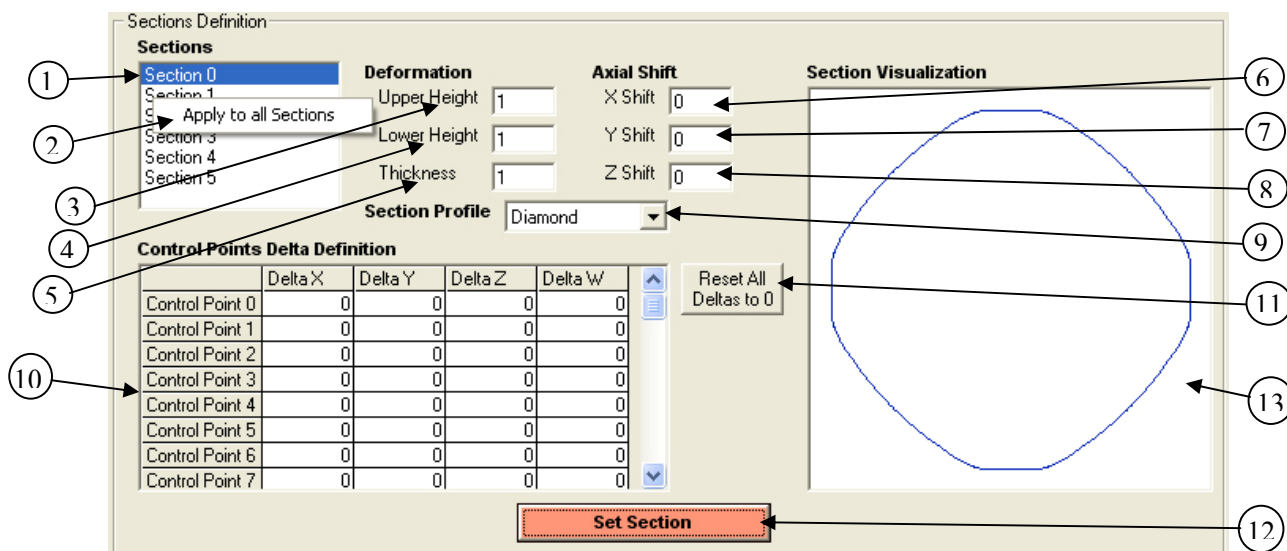
- 1)  Ορίζει το όνομα της επιφάνειας. Στο όνομα μπορεί να περιέχεται οποιοσδήποτε ASCII χαρακτήρας. Το μέγεθος του ονόματος δεν μπορεί να υπερβαίνει τους 8 χαρακτήρες.
- 2)  Ορίζει το μήκος του όγκου αναφοράς στον οποίο σχεδιάζεται η επιφάνεια και είναι ποσοστό του μήκους του αεροπλάνου. Μπορεί να πάρει οποιαδήποτε αριθμητική τιμή. Η τιμή του είναι 1 ως προεπιλογή.
- 3)  Ορίζει το ύψος του όγκου αναφοράς, στον οποίο σχεδιάζεται η επιφάνεια και είναι ποσοστό του μήκους του όγκου αναφοράς. Μπορεί να πάρει οποιαδήποτε αριθμητική τιμή. Η τιμή του είναι 0.05 ως προεπιλογή.
- 4)  Ορίζει το πάχος του όγκου αναφοράς στον οποίο σχεδιάζεται η επιφάνεια και είναι ποσοστό του ύψους του όγκου αναφοράς. Μπορεί να πάρει οποιαδήποτε αριθμητική τιμή. Η τιμή του είναι 1 ως προεπιλογή.

- 5)  Ορίζει το βαθμό της NURBS επιφάνειας στην περιφερειακή διεύθυνση. Μπορεί να πάρει οποιαδήποτε ακέραια τιμή από 1 και πάνω. Ως προεπιλογή έχει τιμή 2.
  
- 6)  Ορίζει το βαθμό της NURBS επιφάνειας στην αξονική διεύθυνση. Μπορεί να πάρει οποιαδήποτε ακέραια τιμή από 1 και πάνω. Ως προεπιλογή έχει τιμή 2.
  
- 7)  Όταν είναι ενεργοποιημένο, η επιφάνεια που δημιουργείται είναι ανοικτή. Ως προεπιλογή είναι απενεργοποιημένο.
  
- 8)  Ορίζει τον αριθμό των σταθμών ελέγχου που απαρτίζουν την επιφάνεια, μετρώντας από το 0. Μπορεί να πάρει οποιαδήποτε ακέραια τιμή από 1 και πάνω. Ως προεπιλογή έχει την τιμή 5.
  
- 9)  Σε αυτή τη λίστα φαίνονται οι διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους μπορούν να κατανεμηθούν οι σταθμοί ελέγχου που απαρτίζουν την άτρακτο κατά μήκους του όγκου αναφοράς. Στην παρούσα έκδοση του προγράμματος υποστηρίζεται μόνο η ομοιόμορφη κατανομή.
  
- 10)  Ορίζει τη θέση της επιφάνειας στον x άξονα ως ποσοστό του μήκους του αεροπλάνου. Μπορεί να πάρει οποιαδήποτε αριθμητική τιμή. Ως προεπιλογή έχει τιμή 0.
  
- 11)  Ορίζει τη θέση της επιφάνειας στον y άξονα ως ποσοστό του μήκους του αεροπλάνου. Μπορεί να πάρει οποιαδήποτε αριθμητική τιμή. Ως προεπιλογή έχει τιμή 0.
  
- 12)  Ορίζει τη θέση της επιφάνειας στον z άξονα ως ποσοστό του μήκους του αεροπλάνου. Μπορεί να πάρει οποιαδήποτε αριθμητική τιμή. Ως προεπιλογή έχει τιμή 0.
  
- 13)  Θέτει τις παραμέτρους της συγκεκριμένης ατράκτου, με βάση τις παραπάνω επιλογές.
  
- 14)  Επιλογή του τύπου της επιφάνειας. Όταν η πάνω επιλογή είναι ενεργή η επιφάνεια σχεδιάζεται ως κλασική NURBS με το πολύγωνο ελέγχου να αποτελείται από τα σημεία ελέγχου των σταθμών ελέγχου. Όταν η κάτω επιλογή είναι ενεργή, η επιφάνεια προσαρμόζεται πάνω σε κάθε καμπύλη που ορίζεται σε κάθε σταθμό ελέγχου (τεχνική skinning).



**Πλαίσιο ορισμού των σταθμών ελέγχου της ατράκτου (Sections Definition)**

Σε αυτό το τμήμα της φόρμας «Fuselage Type Object», ο χρήστης μπορεί να τροποποιήσει τις παραμέτρους που περιγράφουν τους σταθμούς ελέγχου, που απαρτίζουν την επιφάνεια άτρακτος (Σχ. 2.29). Πριν περάσει ο χρήστης σε αυτό το μέρος της φόρμας, θα πρέπει πρώτα να έχει πατήσει το κουμπί «Set Fuselage Properties», αν έχει κάνει αλλαγές στο τμήμα «Fuselage Definition», προκειμένου αυτές να υλοποιηθούν.

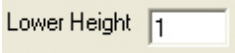
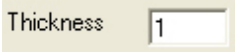
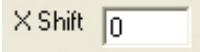
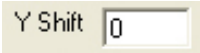
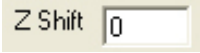

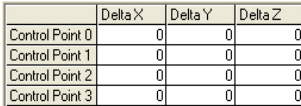




Σχήμα 2.29 : Το πλαίσιο ορισμού των σταθμών ελέγχου της ατράκτου (Sections Definition).

Από αυτή τη λίστα ο χρήστης μπορεί να επιλέξει κάθε σταθμό ελέγχου ξεχωριστά, αλλά και πολλούς μαζί, είτε με τη χρήση του ποντικιού, είτε με τη χρήση των πλήκτρων Ctrl, Alt και Shift, προκειμένου να αλλάξει τις παραμέτρους που τους περιγράφουν. Οι σταθμοί ελέγχου απαριθμούνται από το μηδέν μέχρι τον αριθμό των σταθμών ελέγχου που τίθεται στον ορισμό της ατράκτου (8). Ως προεπιλογή είναι επιλεγμένος ο μηδενικός σταθμός ελέγχου.

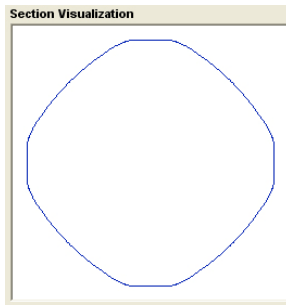
Με δεξί κλικ στη λίστα των σταθμών ελέγχου εμφανίζεται αυτό το μενού. Κάνοντας κλικ στην εντολή Apply to all Sections, αποθηκεύονται οι τιμές των παραμέτρων που φαίνονται εκείνη τη στιγμή στη φόρμα, στις παραμέτρους των σταθμών ελέγχου που είναι επιλεγμένοι από τη λίστα.

Ορίζει το πάνω ύψος του σταθμού ελέγχου που επιλέχθηκε τελευταίος και είναι ποσοστό του ύψους του όγκου αναφοράς. Παίρνει οποιαδήποτε αριθμητική τιμή. Ως προεπιλογή, έχει τιμή 1.

- 4)  Ορίζει το κάτω ύψος του σταθμού ελέγχου που επιλέχθηκε τελευταίος και είναι ποσοστό του ύψους του όγκου αναφοράς. Παίρνει οποιαδήποτε αριθμητική τιμή. Ως προεπιλογή, έχει τιμή 1.
- 5)  Ορίζει το πλάτος του σταθμού ελέγχου που επιλέχθηκε τελευταίος και είναι ποσοστό του πλάτους του όγκου αναφοράς. Παίρνει οποιαδήποτε αριθμητική τιμή. Ως προεπιλογή, έχει τιμή 1.
- 6)  Ορίζει τη μετατόπιση στον x άξονα που εφαρμόζεται στο σταθμό ελέγχου που επιλέχθηκε τελευταία και είναι ποσοστό του μήκους του όγκου αναφοράς. Παίρνει οποιαδήποτε αριθμητική τιμή. Ως προεπιλογή έχει τιμή 0.
- 7)  Ορίζει τη μετατόπιση στον y άξονα, που εφαρμόζεται στο σταθμό ελέγχου που επιλέχθηκε τελευταία και είναι ποσοστό του μήκους του όγκου αναφοράς. Παίρνει οποιαδήποτε αριθμητική τιμή. Ως προεπιλογή έχει τιμή 0.
- 8)  Ορίζει τη μετατόπιση στο z άξονα, που εφαρμόζεται στο σταθμό ελέγχου που επιλέχθηκε τελευταία και είναι ποσοστό του μήκους του όγκου αναφοράς. Παίρνει οποιαδήποτε αριθμητική τιμή. Ως προεπιλογή έχει τιμή 0.
- 9)  Ορίζει την καμπύλη που προσαρμόζεται στον σταθμό ελέγχου, που επιλέχθηκε τελευταία. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ανάμεσα σε πέντε βασικές καμπύλες. Από προεπιλογή, η καμπύλη Standard με 4 σημεία ελέγχου είναι επιλεγμένη για όλους τους σταθμούς ελέγχου.
- 10)  Από αυτόν τον πίνακα ορίζονται οι μετατοπίσεις των σημείων ελέγχου της καμπύλης ενός σταθμού ελέγχου. Μπορούν να πάρουν οποιαδήποτε αριθμητική τιμή. Ως προεπιλογή, όλες οι μετατοπίσεις έχουν τιμή 0. Για να αλλάξει ο χρήστης μια τιμή, πρέπει να κάνει διπλό αριστερό κλικ στο κελί που επιθυμεί και αφού αλλάξει την τιμή να πατήσει Enter, ή να κάνει κλικ σε κάποιο άλλο κελί.
- 11)  Μηδενίζει τις τιμές των μετατοπίσεων στον πίνακα. Κάνοντας κλικ σε αυτό το κουμπί, μηδενίζονται μόνο οι τιμές στον πίνακα, αλλά δεν αποθηκεύεται αυτή η αλλαγή και στον επιλεγμένο σταθμό ελέγχου.
- 12)  Αποθηκεύει τις τιμές των παραμέτρων που φαίνονται στη φόρμα στις παραμέτρους του σταθμού ελέγχου που επιλέχθηκε τελευταίος.



13)



Σε αυτό το παράθυρο εμφανίζεται το σχήμα της διατομής που εφαρμόζεται στον επιλεγμένο σταθμό ελέγχου. Η διατομή εμφανίζεται όπως είναι στην αρχική της μορφή, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι παραμορφώσεις και οι μετατοπίσεις του συγκεκριμένου σταθμού ελέγχου.

Αυτές είναι όλες οι επιλογές που έχει ο χρήστης για τη δημιουργία μιας επιφάνειας τύπου ατράκτου. Για να γίνουν κατανοητές αυτές οι επιλογές, στη συνέχεια παρατίθεται ένα παράδειγμα δημιουργίας μιας ατράκτου, βήμα προς βήμα.

### **Παράδειγμα 1: Δημιουργία μιας επιφάνειας τύπου ατράκτου.**

Σε αυτό το παράδειγμα θα δημιουργήσουμε βήμα προς βήμα την επιφάνεια τύπου ατράκτου που φαίνεται στο σχήμα 2.5.

- Αρχικά τρέχουμε το πρόγραμμα Ge.P.A.S. Στην οθόνη εμφανίζεται η φόρμα του Σχήματος 2.11. Το δέντρο των επιφανειών έχει μόνο τις δυο βασικές συλλογές των επιφανειών, οι οποίες είναι άδειες. Το μήκος του αεροπλάνου είναι 10 μέτρα.
- Από το μενού «Add New Object», επιλέγουμε την εντολή «Fuselage Type Object». Στην οθόνη εμφανίζεται η φόρμα του Σχήματος 2.27. Βλέπουμε ότι υπάρχουν οι προεπιλεγμένες τιμές για όλες τις παραμέτρους της ατράκτου.
- Αρχικά αλλάζουμε τις μεταβλητές που αφορούν στην άτρακτο ολικά (Σχ. 2.28). Πρώτα θα ορίσουμε το μέγεθος του όγκου αναφοράς, δηλαδή το μέγεθος της ατράκτου. Σε αυτό το στάδιο του σχεδιασμού δεν έχει σημασία η σειρά με την οποία θα ορίσουμε τις παραμέτρους της ατράκτου ολικά, αφού αυτές θα αποθηκευτούν μόνο όταν πατήσουμε το κουμπί «Set Fuselage Properties». Το μήκος της ατράκτου (Length (2)) είναι 1. Το αφήνουμε ως έχει, αφού θέλουμε η άτρακτος να έχει μήκος ίδιο με το μήκος του αεροπλάνου. Το ύψος της ατράκτου θέλουμε να είναι 5% του μήκους της, άρα αφήνουμε την τιμή 0.05 στο πλαίσιο «Height» (3), ως έχει. Το πλάτος της ατράκτου θέλουμε να είναι διπλάσιο του ύψους της, άρα αλλάζουμε την τιμή του πλαισίου «Thickness» (4) σε 2.
- Στη συνέχεια ορίζουμε τη θέση της ατράκτου στο χώρο. Θα τοποθετήσουμε την άτρακτο στο σημείο (0,0,0), άρα αφήνουμε τις τιμές των πλαισίων (10), (11) και (12) ως έχουν.
- Στη συνέχεια, θα ορίσουμε το βαθμό της επιφάνειας στην περιφερειακή και στην αξονική διεύθυνση. Από προεπιλογή οι βαθμοί και στις δυο διευθύνσεις (5), (6) έχουν ορισθεί να είναι 2. Ο βαθμός αυτός είναι επαρκής για αυτή την επιφάνεια, συνεπώς δεν τους αλλάζουμε. Η επιφάνεια που θέλουμε να φτιάξουμε είναι κλειστού τύπου, συνεπώς η επιλογή Open Surface (7) πρέπει να είναι απενεργοποιημένη, όπως και είναι ως προεπιλογή.
- Ύστερα πρέπει να δώσουμε τον αριθμό των σταθμών ελέγχου που θα ορίσουν το σχήμα της ατράκτου. Ως προεπιλογή, ο αριθμός αυτός είναι 5. Αυτό σημαίνει ότι η άτρακτος θα απαρτίζεται από 6 σταθμούς ελέγχου, καθώς σε αυτούς

συμπεριλαμβάνεται και ο μηδενικός. Με αυτόν τον αριθμό σταθμών ελέγχου μπορεί να κατασκευαστεί ένα αρκετά λεπτομερές σχέδιο, συνεπώς δεν τον αλλάζουμε.

- Προσέχουμε να είναι επιλεγμένος ένας τρόπος κατανομής των σταθμών ελέγχου από τη λίστα Sections Distribution (9). Στην παρούσα έκδοση του προγράμματος μόνο η ομοιόμορφη κατανομή των σταθμών ελέγχου υποστηρίζεται, αλλά για να προχωρήσει το σχέδιο πρέπει να είναι επιλεγμένη. Επίσης, μπορούμε να αλλάξουμε το όνομα της επιφάνειας από το πλαίσιο «Name» (1), αλλά επειδή το σχέδιό μας θα περιλαμβάνει μόνο μια επιφάνεια τύπου άτρακτος, αυτό δεν είναι απαραίτητο.
- Πατάμε το κουμπί «Set Fuselage Properties» (8) για να αποθηκεύσουμε τις αλλαγές που κάναμε. Στο Σχήμα 2.30 φαίνονται όλες οι ρυθμίσεις που πρέπει να έχει το πλαίσιο «Fuselage Definition».

Σχήμα 2.30 : Ο ορισμός της άτρακτου του Σχήματος 2.5.

- Στη συνέχεια, θα ορίσουμε τις παραμέτρους των σταθμών ελέγχου, που απαρτίζουν την άτρακτο (Σχ. 2.29). Αρχικά θα ορίσουμε τις παραμέτρους που αφορούν σε όλους τους σταθμούς ελέγχου. Επιλέγουμε με το ποντίκι όλους τους σταθμούς ελέγχου από τη λίστα (1) και από την επιλογή της καμπύλης «Section Profile» (9), επιλέγουμε την καμπύλη «Custom1» (Σχ. 2.31). Στη συνέχεια κάνουμε δεξί κλικ πάνω στη λίστα και στο αναδυόμενο μενού κάνουμε κλικ στην επιλογή «Apply to all Sections» (2). Με αυτό τον τρόπο προσαρμόσαμε σε όλους τους σταθμούς ελέγχου την καμπύλη που φαίνεται στο Σχήμα 2.4. Η καμπύλη αυτή έχει 12 σημεία ελέγχου. Για να μπορέσει να δημιουργηθεί σωστά μια επιφάνεια, πρέπει όλοι οι σταθμοί ελέγχου που την ορίζουν να έχουν τον ίδιο αριθμό από σημεία ελέγχου.

Sections Definition

**Sections**

Section 0  
Section 1  
Section 2  
Section 3  
Section 4  
Section 5

**Deformation**

Upper Height 1  
Lower Height 1  
Thickness 1

**Axial Shift**

X Shift 0  
Y Shift 0  
Z Shift 0

**Section Profile** Custom1

Standard  
Circle  
Smooth Square  
Diamond  
Custom1

**Control Points Delta Definition**

	Delta X	Delta Y	Delta Z
Control Point 0	0	0	0
Control Point 1	0	0	0
Control Point 2	0	0	0
Control Point 3	0	0	0
Control Point 4	0	0	0
Control Point 5	0	0	0
Control Point 6	0	0	0
Control Point 7	0	0	0

Reset All Deltas to 0

**Section Visualization**

Set Section

Σχήμα 2.31 : Επιλογή της καμπύλης «Custom1» για όλους τους σταθμούς ελέγχου.

- Στη συνέχεια θα αλλάξουμε τις παραμέτρους από συγκεκριμένους σταθμούς ελέγχου ξεχωριστά. Επιλέγουμε από τη λίστα «Sections» (1) το «Section 0». Επειδή θέλουμε η άτρακτος να κάνει μύτη μπροστά και άρα ο μηδενικός σταθμός ελέγχου να είναι μόνο ένα σημείο, θέτουμε τα «Upper Height» (3), «Lower Height» (4) και «Thickness» (5) ίσα με 0. Δεν χρειάζεται να μετατοπίσουμε τον σταθμό ελέγχου σε καμιά διεύθυνση, άρα αφήνουμε τις τιμές των «X Position» (6), «Y Position» (7) και «Z Position» (8) μηδέν (Σχ. 2.32). Για να αποθηκευτούν οι αλλαγές που κάναμε για τον συγκεκριμένο σταθμό ελέγχου, πατάμε το κουμπί «Set Section» (12)

Sections Definition

**Sections**

Section 0  
Section 1  
Section 2  
Section 3  
Section 4  
Section 5

**Deformation**

Upper Height 0  
Lower Height 0  
Thickness 0

**Axial Shift**

X Shift 0  
Y Shift 0  
Z Shift 0

**Section Profile** Custom1

**Control Points Delta Definition**

	Delta X	Delta Y	Delta Z	Delta W
Control Point 0	0	0	0	0
Control Point 1	0	0	0	0
Control Point 2	0	0	0	0
Control Point 3	0	0	0	0
Control Point 4	0	0	0	0
Control Point 5	0	0	0	0
Control Point 6	0	0	0	0
Control Point 7	0	0	0	0

Reset All Deltas to 0

**Section Visualization**

Set Section

Σχήμα 2.32 : Ο ορισμός του «Section 0». Θέτοντας τις διαστάσεις του ίσες με 0, παίρνει τη μορφή σημείου στο χώρο.

- Ύστερα επιλέγουμε το «Section 5» από τη λίστα «Sections» (1). Αυτός είναι ο τελευταίος σταθμός ελέγχου της επιφάνειας. Θέτουμε «Upper Height» (3) και

«Lower Height» (4) ίσα με 0, για να κλείσει η επιφάνεια στο τέλος. Στη συνέχεια θέτουμε το πάχος «Thickness» (5) του τελευταίου σταθμού ελέγχου να είναι ίσο με 0.3. Δεν χρειάζεται να μετατοπίσουμε τον συγκεκριμένο σταθμό ελέγχου σε καμιά διεύθυνση, άρα αφήνουμε τις τιμές των «X Position» (6), «Y Position» (7) και «Z Position» (8) ίσες με μηδέν (Σχ. 2.33). Πατάμε το κουμπί «Set Section», για να αποθηκευτούν οι αλλαγές που έγιναν στο συγκεκριμένο σταθμό ελέγχου.

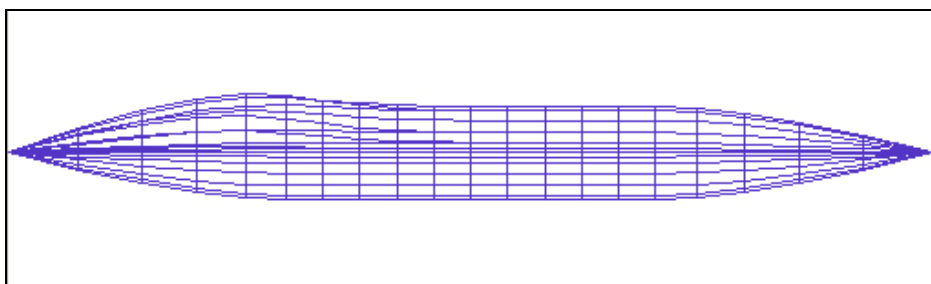
Σχήμα 2.33 : Ο ορισμός του τελευταίου σταθμού ελέγχου της επιφάνειας (Section 5).

- Για να δημιουργήσουμε την καλύπτρα του πιλοτηρίου, που φαίνεται στο σχήμα 2.5, αρκεί να μετατοπίσουμε συγκεκριμένα σημεία ελέγχου από ένα σταθμό ελέγχου στον άξονα y. Επιλέγουμε το «Section 1» από τη λίστα Sections. Αφήνουμε όλες τις παραμέτρους ως έχουν και πηγαίνουμε στο φύλο με τις μετατοπίσεις των σημείων ελέγχου «Control Points Delta Definition» (10). Κάνουμε διπλό αριστερό κλικ στο κελί (Control Point 0, Delta Y), και βάζουμε την τιμή 0.8. Ύστερα κάνουμε διπλό αριστερό κλικ στο κελί (Control Point 11, Delta Y) και βάζουμε την τιμή μηδέν. Για να γίνει η αλλαγή, πατάμε «Enter», ή κάνουμε κλικ σε κάποιο άλλο σημείο του φύλου. Με αυτές τις αλλαγές μετατοπίσαμε τα δύο σημεία ελέγχου που βρίσκονται στο πάνω μέρος της καμπύλης (Σχ. 2.4) στον y άξονα.. Τέλος, για να αποθηκευτούν αυτές οι αλλαγές στο συγκεκριμένο σταθμό ελέγχου, πατάμε το κουμπί «Set Section» (12) (Σχ. 2.34).

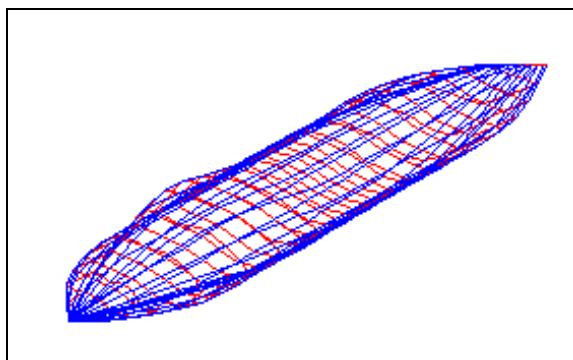
Control Points Delta Definition				
	Delta X	Delta Y	Delta Z	Delta W
Control Point 0	0	0.8	0	0
Control Point 1	0	0	0	0
Control Point 2	0	0	0	0
Control Point 3	0	0	0	0
Control Point 10	0	0	0	0
Control Point 11	0	0.8	0	0

Σχήμα 2.34 : Η δημιουργία της καλύπτρας του πιλοτηρίου με μετατόπιση των σημείων ελέγχου του «Section 1» της αράκτου.

- Η επιφάνεια έχει ορισθεί. Πατάμε «OK» στο τέλος της φόρμας για να επιστρέψουμε στην αρχική φόρμα. Αν πατήσουμε «Cancel», η επιφάνεια που δημιουργήσαμε θα σβηστεί και θα επιστρέψουμε στην αρχική φόρμα.
- Στην αρχική φόρμα φαίνεται στο δέντρο των επιφανειών η επιφάνεια που μόλις δημιουργήσαμε κάτω από τον κλάδο «Fuselage Type Collection», ενώ στο πλαίσιο σχεδίασης των επιφανειών φαίνεται η κάτοψή της. Στα σχήματα 2.35α και 2.35β φαίνονται η πλάγια όψη και η τρισδιάστατη όψη της δημιουργημένης επιφάνειας. Για να αποθηκεύσουμε το σχέδιο που φτιάξαμε σε αρχείο κειμένου, από το μενού «File» επιλέγουμε την εντολή «Save As...». Εμφανίζεται ο διάλογος αποθήκευσης που φαίνεται στο Σχήμα 2.8α. Πρέπει να δώσουμε ένα όνομα αρχείου, στο οποίο θα αποθηκευτεί το σχέδιο και να πατήσουμε «OK».

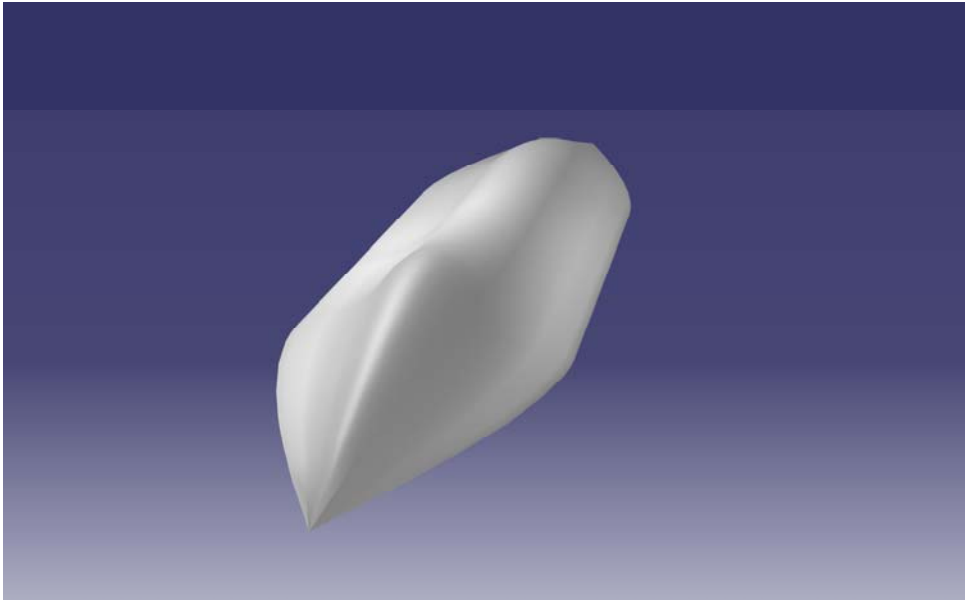


**Σχήμα 2.35α :** Η πλάγια όψη της δημιουργημένης ατράκτου, όπως φαίνεται στην αρχική φόρμα.

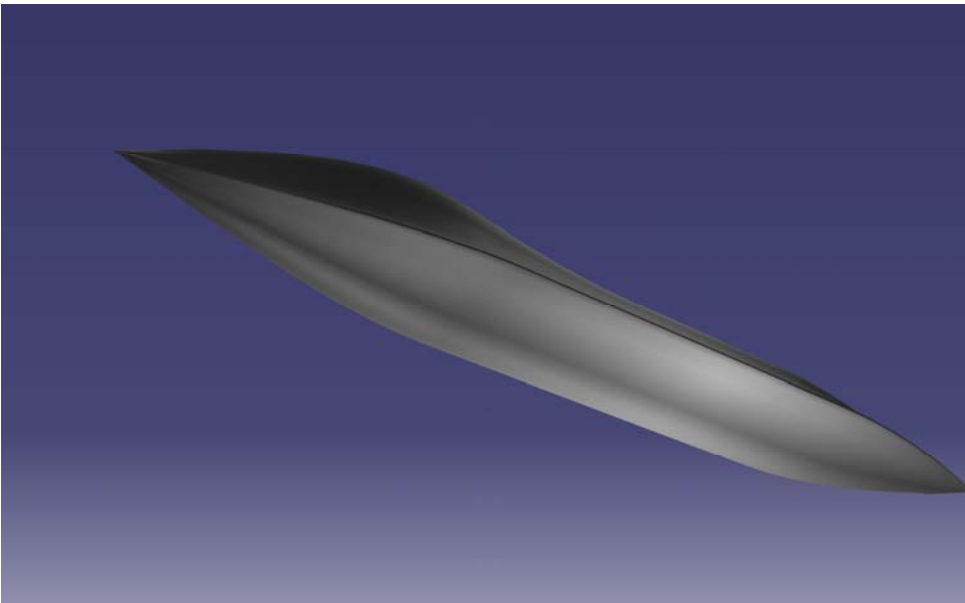


**Σχήμα 2.35β :** Η ισομετρική τρισδιάστατη όψη της δημιουργημένης ατράκτου, όπως φαίνεται στην αρχική φόρμα.

- Για να εξάγουμε το σχέδιο σε αρχείο τύπου IGES [11], πατάμε το κουμπί «Export IGES». Εμφανίζεται ένας διάλογος αποθήκευσης του σχεδίου σε αρχείου μορφής IGES. Πρέπει να δώσουμε ένα όνομα αρχείου, στο οποίο θα αποθηκευτεί το σχέδιο, έστω «Sketch1.igs». Μόλις δημιουργηθεί το αρχείο τύπου IGES, μπορούμε να το ανοίξουμε με οποιοδήποτε πρόγραμμα CAD για να δούμε το σχέδιο που φτιάξαμε. Στα σχήματα 2.36α και 2.36β φαίνονται δυο όψεις της επιφάνειας που δημιουργήσαμε, όπως σχεδιάστηκαν στο λογισμικό CATIA μετά την εισαγωγή του αρχείου IGES.



**Σχήμα 2.36α :** Η επιφάνεια που δημιουργείται στο παράδειγμα 1, όπως οπτικοποιήθηκε στο CATIA.



**Σχήμα 2.36β:** Η επιφάνεια που δημιουργείται στο παράδειγμα 1, όπως οπτικοποιήθηκε στο CATIA.

### 2.2.3) Φόρμα δημιουργίας – τροποποίησης επιφάνειας τύπου πτέρυγας

Επιλέγοντας την εντολή «Wing Type», από το μενού «Add New Object» της αρχικής φόρμας, δημιουργείται μια επιφάνεια τύπου πτέρυγας και εμφανίζεται μια φόρμα με όνομα «Wing Type Object» (Σχ. 2.37), μέσω της οποίας μπορεί ο χρήστης να τροποποιήσει την επιφάνεια, που μόλις δημιουργήθηκε. Η ίδια φόρμα εμφανίζεται αν ο χρήστης επιλέξει την εντολή «Modify» από το αναδυόμενο μενού του δέντρου των επιφανειών, έχοντας πριν επιλέξει μια επιφάνεια τύπου πτέρυγας.

Η φόρμα αυτή χωρίζεται σε δυο μέρη, όπως και η φόρμα «Fuselage Type Object». Στο πρώτο μέρος της φόρμας, που ονομάζεται «Wing Definition» (1), ορίζονται οι γενικές παράμετροι της πτέρυγας, ενώ στο δεύτερο μέρος, που ονομάζεται «Chords Definition» (2), ορίζονται οι παράμετροι που περιγράφουν τις χορδές, που απαρτίζουν την επιφάνεια και ορίζουν την τελική γεωμετρία της.

Σχήμα 2.37: Η φόρμα δημιουργίας – τροποποίησης μιας επιφάνειας τύπου πτέρυγας.



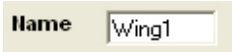

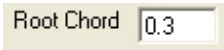
**Πλαίσιο ορισμού των γενικών παραμέτρων της επιφάνειας τύπου πτέρυγας**

Σε αυτό το πλαίσιο της φόρμας «Wing Type Object» ορίζονται όλες οι βασικές μεταβλητές, που ορίζουν την επιφάνεια τύπου πτέρυγας (Σχ. 2.38). Ο χρήστης πρέπει να ορίσει αυτές τις μεταβλητές πριν προχωρήσει στον ορισμό των μεταβλητών των χορδών, που απαρτίζουν την επιφάνεια. Παρακάτω φαίνονται αναλυτικά οι μεταβλητές, που ορίζονται μέσω αυτού του πλαισίου.




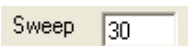

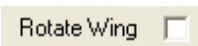

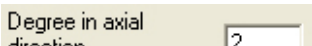
The 'Wing Definition' dialog box contains the following elements:

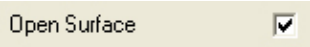

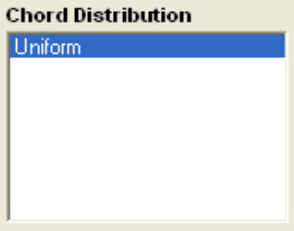


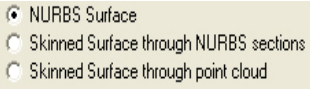
- Name:** A text field containing 'Wing1' (1).
- Size:** Two numeric input fields: 'Span/2' (2) with value 0.5 and 'Root Chord' (3) with value 0.3.
- Position:** Three numeric input fields: 'X Position' (4) with value 0, 'Y Position' (5) with value 0, and 'Z Position' (6) with value 0.4.
- Shape:** Three numeric input fields: 'Sweep' (7) with value 30, 'Dihedral' (8) with value 0, and a 'Rotate Wing' checkbox (9) which is unchecked.
- Surface definition:** Three numeric input fields: 'Degree in peripheral direction' (10) with value 2, 'Degree in axial direction' (11) with value 2, and an 'Open Surface' checkbox (12) which is checked.
- Surface type:** Three radio buttons: 'NURBS Surface' (17) is selected, 'Skinned Surface through NURBS sections' is unselected, and 'Skinned Surface through point cloud' is unselected.
- Chord Distribution:** A list box (14) showing 'Uniform' as the selected option.
- Wing Orientation:** Two radio buttons: 'Right Aligned' (15) is selected, and 'Left Aligned' is unselected.
- Number of Chords:** A numeric input field (13) with value 2.
- Set Wing Properties:** A red button at the bottom (16).

Σχήμα 2.38: Το πλαίσιο ορισμού των γενικών παραμέτρων της επιφάνειας τύπου πτέρυγας.

- 1)  Ορίζει το όνομα της συγκεκριμένης επιφάνειας τύπου πτέρυγας. Μπορεί να περιέχει οποιοδήποτε ASCII χαρακτήρα. Μπορεί να έχει μέγεθος μέχρι οχτώ χαρακτήρες.
- 2)  Ορίζει το άνοιγμα της ημιπτέρυγας και είναι ποσοστό του μήκους του αεροπλάνου. Ως προεπιλογή έχει την τιμή 0.5. Παίρνει οποιαδήποτε αριθμητική τιμή.
- 3)  Ορίζει το αξονικό μήκος της βασικής αεροτομής της πτέρυγας και είναι ποσοστό του ανοίγματος της πτέρυγας. Παίρνει οποιαδήποτε αριθμητική τιμή. Ως προεπιλογή έχει την τιμή 0.3.

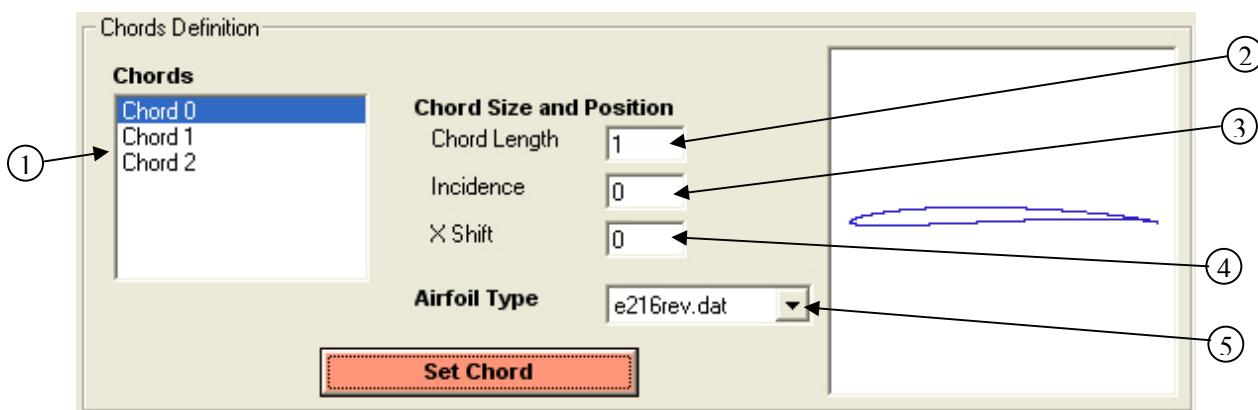


- 4)  Ορίζει τη θέση της πτέρυγας στον x άξονα ως ποσοστό του μήκους του αεροπλάνου. Παίρνει οποιαδήποτε αριθμητική τιμή. Ως προεπιλογή έχει την τιμή 0.
- 5)  Ορίζει τη θέση του φτερού στον y άξονα ως ποσοστό του μήκους του αεροπλάνου. Παίρνει οποιαδήποτε αριθμητική τιμή. Ως προεπιλογή έχει την τιμή 0.
- 6)  Ορίζει τη θέση του φτερού στον z άξονα ως ποσοστό του μήκους του αεροπλάνου. Παίρνει οποιαδήποτε αριθμητική τιμή. Ως προεπιλογή έχει την τιμή 0.
- 7)  Ορίζει την γωνία οπισθόκλισης της πτέρυγας. Μπορεί να πάρει οποιαδήποτε αριθμητική τιμή και μετρείται σε μοίρες. Ως προεπιλογή έχει την τιμή 30°.
- 8)  Ορίζει την γωνία διέδρου της πτέρυγας. Μπορεί να πάρει οποιαδήποτε αριθμητική τιμή και μετρείται σε μοίρες. Για να πάρει τιμή 90°, -90° ή οποιοδήποτε πολλαπλάσιό τους, η επιλογή Rotate Wing πρέπει να είναι ενεργοποιημένη. Ως προεπιλογή έχει τιμή 0°.
- 9)  Όταν είναι ενεργοποιημένο η γωνία διέδρου σχεδιάζεται με περιστροφή του φτερού γύρω από τον z άξονα με χρήση πινάκων περιστροφής, σχεδιάζοντας έτσι γωνίες με τιμή 90°, -90° ή οποιοδήποτε πολλαπλάσιό τους. Ως προεπιλογή είναι απενεργοποιημένο.
- 10)  Ορίζει το βαθμό της επιφάνειας NURBS στην περιφερειακή διεύθυνση. Μπορεί να πάρει οποιαδήποτε ακέραια τιμή πάνω από 0. Ως προεπιλογή έχει την τιμή 2.
- 11)  Ορίζει το βαθμό της επιφάνειας NURBS στην αξονική διεύθυνση (κατά μήκος του ανοίγματος της πτέρυγας). Μπορεί να πάρει οποιαδήποτε ακέραια τιμή πάνω από 0. Ως προεπιλογή έχει την τιμή 2.

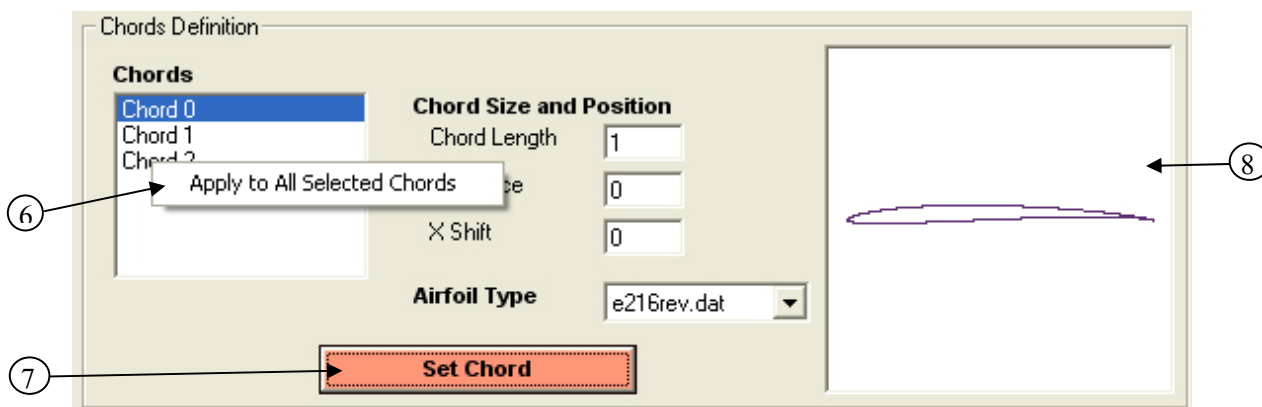
- 12)  Όταν είναι ενεργοποιημένο η επιφάνεια NURBS που δημιουργείται είναι ανοικτή. Ως προεπιλογή είναι απενεργοποιημένο.
- 13)  Ορίζει τον αριθμό των χορδών που απαρτίζουν την επιφάνεια, με πρώτη την μηδενική. Μπορεί να πάρει οποιαδήποτε ακέραια τιμή μεγαλύτερη του 0. Ως προεπιλογή έχει τιμή 2.
- 14)  Από αυτή τη λίστα επιλέγεται η κατανομή των χορδών της πτέρυγας κατά μήκους του ανοίγματός της. Στην παρούσα έκδοση του προγράμματος, μόνο η ομοιόμορφη κατανομή υποστηρίζεται.
- 15)  Ορίζει τη φορά κατά την οποία θα σχεδιαστεί η πτέρυγα. Από προεπιλογή η πτέρυγα σχεδιάζεται προς τα δεξιά.
- 16)  Αποθηκεύει τις παραμέτρους της πτέρυγας που εμφανίζονται στη φόρμα.
- 17)  Επιλογή του τύπου της επιφάνειας. Όταν η πάνω επιλογή είναι ενεργή η επιφάνεια σχεδιάζεται ως κλασική NURBS με το πολύγωνο ελέγχου να αποτελείται από τα σημεία ελέγχου των αεροτομών των χορδών. Όταν η μεσαία επιλογή είναι ενεργή, η επιφάνεια προσαρμόζεται πάνω στις καμπύλες των αεροτομών (τεχνική skinning) οι οποίες είναι NURBS καμπύλες. Όταν επιλεγθεί η τελευταία εντολή η επιφάνεια προσαρμόζεται πάνω στα σημεία που περιγράφουν τις αεροτομές σε κάθε χορδή.

**Πλαίσιο ορισμού των παραμέτρων των χορδών που απαρτίζουν μια πτέρυγα**

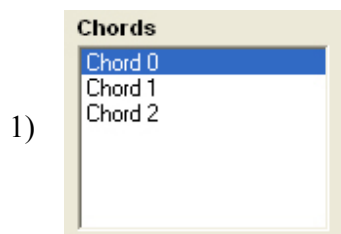
Σε αυτό το πλαίσιο της φόρμας «Wing Type Object» ορίζονται όλες οι μεταβλητές που ορίζουν τις χορδές που απαρτίζουν μια επιφάνεια τύπου πτέρυγας (Σχ. 2.39α, Σχ. 2.39β). Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι μεταβλητές, που ορίζονται μέσω αυτού του πλαισίου.



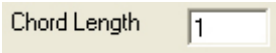


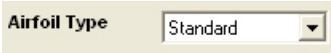
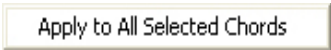
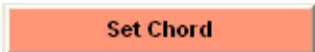
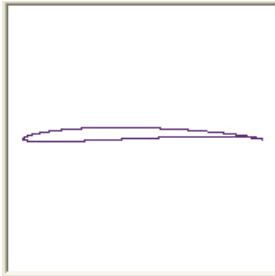
Σχήμα 2.39α: Το πλαίσιο ορισμού των παραμέτρων των αεροτομών (σε κάθε χορδή) που απαρτίζουν μια επιφάνεια τύπου πτέρυγας.



Σχήμα 2.39β: Το πλαίσιο ορισμού των παραμέτρων των αεροτομών που απαρτίζουν μια επιφάνεια τύπου πτέρυγας.



Από αυτή τη λίστα ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τη χορδή του φτερού στην οποία θέλει να τροποποιήσει την αεροτομή. Η αρίθμηση των χορδών ξεκινά από τη μηδενική και ο αριθμός τους είναι κατά ένα μεγαλύτερος από τον αριθμό των χορδών που φαίνεται στο προηγούμενο πλαίσιο (Σχ.2.32, 13). Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μια ή περισσότερες χορδές με τη χρήση του ποντικιού, ή των κουμπιών Ctrl, Shift και Alt.

- 2)  Ορίζει το μήκος της χορδής που επιλέχθηκε τελευταία από τη λίστα των χορδών και είναι ποσοστό του μήκους της βασικής (πρώτης) αεροτομής. Μπορεί να πάρει οποιαδήποτε αριθμητική τιμή. Ως προεπιλογή όλες οι χορδές έχουν μήκος 1, δηλαδή το μήκος της πρώτης αεροτομής.
- 3)  Ορίζει τη γωνία πρόσπτωσης της κάθε χορδής και μετριέται σε μοίρες. Μπορεί να πάρει οποιαδήποτε αριθμητική τιμή. Ως προεπιλογή όλες οι χορδές έχουν γωνία πρόσπτωσης 0°.
- 4)  Ορίζει τη μετατόπιση που μπορεί να έχει μια χορδή πάνω στον x άξονα, δηλαδή κατά μήκους του φτερού και είναι ποσοστό του ανοίγματος της ημιπτέρυγας. Μπορεί να πάρει οποιαδήποτε αριθμητική τιμή. Ως προεπιλογή η τιμή του για όλες τις χορδές είναι 0.
- 5)  Ορίζει την αεροτομή που περιγράφει την κάθε χορδή. Για να μπορέσει να δημιουργηθεί η πτέρυγα οι αεροτομές που περιγράφουν κάθε χορδή πρέπει να έχουν τον ίδιο αριθμό σημείων ελέγχου. Ως προεπιλογή, η αεροτομή που περιγράφει κάθε χορδή είναι η Standard. Με επιλογή της εντολής Choose From File... ο χρήστης μπορεί να εισάγει κάποια αεροτομή από αρχείο δεδομένων.
- 6)  Αποθηκεύει τις τιμές των παραμέτρων που φαίνονται στη φόρμα, στις παραμέτρους όλων των χορδών που έχουν επιλεγεί από τη λίστα επιλογής των χορδών (1).
- 7)  Αποθηκεύει τις τιμές των παραμέτρων που φαίνονται στη φόρμα, στις παραμέτρους της χορδής που επιλέχθηκε τελευταία από τη λίστα επιλογής χορδής (1).
- 8)  Σε αυτό το παράθυρο εμφανίζεται το σχήμα της αεροτομής που εφαρμόζεται στην επιλεγμένη χορδή. Η αεροτομή εμφανίζεται όπως είναι στην αρχική της μορφή. Σε περίπτωση που επιλεγούν περισσότερες από μία χορδές σχεδιάζεται η αεροτομή της τελευταίας.

Αυτές είναι οι επιλογές που μπορεί να κάνει ο χρήστης για δημιουργήσει μια επιφάνεια τύπου πτέρυγας. Για να γίνουν πιο κατανοητές αυτές οι επιλογές, πιο κάτω φαίνεται ένα παράδειγμα δημιουργίας μιας τέτοιας επιφάνειας.

### **Παράδειγμα 2: Δημιουργία μιας επιφάνειας τύπου πτέρυγας**

Σε αυτό το παράδειγμα θα δημιουργήσουμε βήμα προς βήμα μια επιφάνεια τύπου πτέρυγας. Θα προσαρμόσουμε την επιφάνεια αυτή στην άτρακτο που δημιουργήσαμε στο Παράδειγμα 1, ώστε να φανεί πως μπορούν να συνδυαστούν διαφορετικές επιφάνειες για τη δημιουργία ενός αεροσκάφους.

- Έχοντας ανοικτό το πρόγραμμα Ge.P.A.S. από το μενού «File», επιλέγουμε «Open...», και από το διάλογο ανοίγματος αρχείου επιλέγουμε το όνομα του αρχείου στο οποίο σώσαμε το σχέδιο που δημιουργήσαμε στο Παράδειγμα 1.
- Βλέπουμε ότι στο δέντρο των επιφανειών ήδη υπάρχει η επιφάνεια που δημιουργήσαμε στο Παράδειγμα 1. Για να δημιουργήσουμε μια επιφάνεια τύπου πτέρυγας, από το μενού «Add New Object» επιλέγουμε «Wing Type» και εμφανίζεται η φόρμα που φαίνεται στο Σχήμα 2.37.
- Αρχικά, θα ορίσουμε το μέγεθος της πτέρυγας. Πρώτα πρέπει να ορίσουμε το άνοιγμα της ημιπτέρυγας και στη συνέχεια το μήκος της πρώτης αεροτομής αυτής. Στο πλαίσιο κειμένου «Span/ 2», βάζουμε την τιμή 0.5, ώστε το άνοιγμα της ημιπτέρυγας να είναι ίσο με το μισό του μήκους του αεροσκάφους. Στη συνέχεια ορίζουμε το μήκος της βασικής αεροτομής της ημιπτέρυγας από το πλαίσιο κειμένου «Root Chord» να είναι ίσο με 1, δηλαδή ίσο με το άνοιγμα της ημιπτέρυγας.
- Ύστερα ορίζουμε τη θέση του φτερού. Επειδή θέλουμε η πτέρυγα να ξεκινά από το μέσο του αεροσκάφους και κατά συνέπεια να εφάπτεται στον z άξονα, αφήνουμε τις τιμές των X Position και Y Position ως έχουν, δηλαδή 0. Ύστερα αλλάζουμε την τιμή του Z Position σε 0.6, ώστε η θέση του φτερού στον z άξονα να είναι στο 60% του μήκους του αεροσκάφους, ξεκινώντας από τη μύτη της ατράκτου.
- Στη συνέχεια θα ορίσουμε το σχήμα της πτέρυγας (κάτοψη). Από το πλαίσιο κειμένου οπισθόκλισης ορίζουμε τη γωνία οπισθόκλισης της πτέρυγας ίση με 31° και διατηρούμε τη γωνία διέδρου ίση με 0°. Επίσης δεν επιλέγουμε την επιλογή «Rotate Wing», αφ' ενός επειδή η γωνία διέδρου είναι 0° και αφ' ετέρου επειδή η επιφάνεια δεν χρησιμοποιείται για κάθετο ουραίο.
- Επίσης, πρέπει να οριστούν οι βαθμοί της επιφάνειας στις δυο διευθύνσεις και ο αριθμός των χορδών που αποτελούν την πτέρυγα. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, ο βαθμός της επιφάνειας και στις δυο διευθύνσεις θέτουμε να είναι ίσος με 2 και ο αριθμός των χορδών που αποτελούν την πτέρυγα να είναι ίσος με 2, ώστε να έχουμε συνολικά τρεις χορδές στην πτέρυγα. Τέλος, για να μπορέσουμε να προχωρήσουμε στο επόμενο βήμα πρέπει να έχουμε επιλέξει την κατανομή των χορδών από τη λίστα των κατανομών. Προς το παρόν μόνο η «Uniform» κατανομή είναι διαθέσιμη και γι' αυτό επιλέγουμε αυτήν. Για να αποθηκευτούν οι παράμετροι στην επιφάνεια πατάμε το κουμπί «Set Wing Properties» (Σχ 2.40).

**Wing Definition**

**Name** Wing1

**Size**  
 Span/2 0.5  
 Root Chord 1

**Position**  
 X Position 0  
 Y Position 0  
 Z Position 0.6

**Shape**  
 Sweep 31  
 Dihedral 0  
 Rotate Wing ☐

**Surface definition**  
 Degree in peripheral direction 2  
 Degree in axial direction 2  
 Open Surface ☒  
☒ NURBS Surface  
☐ Skinned Surface through NURBS sections  
☐ Skinned Surface through point cloud

**Chord Distribution**  
 Uniform

**Wing Orientation**  
☒ Right Aligned  
☐ Left Aligned

**Number of Chords** 2

**Set Wing Properties**

Σχήμα 2.40: Οι τιμές των παραμέτρων της πτέρυγας για το παράδειγμα 2.

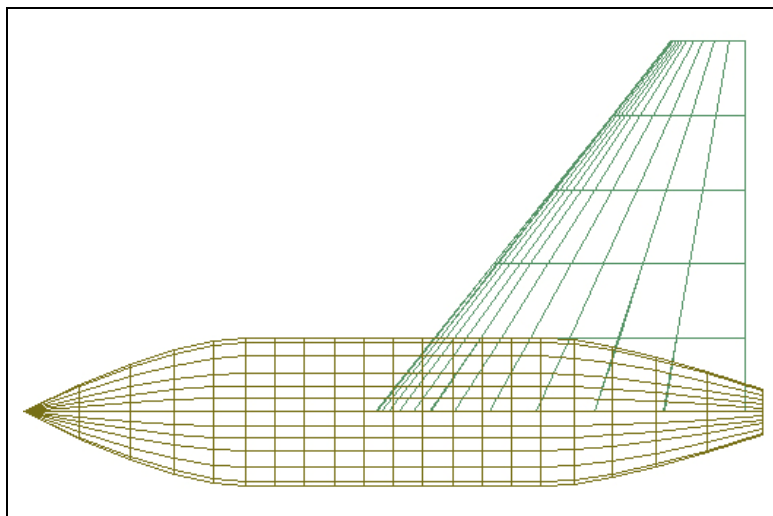
- Μετά θα ορίσουμε τις παραμέτρους που ορίζουν κάθε χορδή ξεχωριστά. Από τη λίστα των χορδών, αρχικά επιλέγουμε όλες τις χορδές και από το μενού «Airfoil Type» επιλέγουμε την αεροτομή «Standard 2». Στη συνέχεια, με δεξί κλικ πάνω στη λίστα «Chords», επιλέγουμε την εντολή «Apply to All Selected Chords», ώστε η επιλογή μας να αποθηκευτεί σε όλες τις χορδές.
- Στη συνέχεια επιλέγουμε τη χορδή «Chord 0» από τη λίστα. Στα πλαίσια των παραμέτρων φαίνονται οι τιμές τους για τη χορδή 0. Θέτουμε για τη συγκεκριμένη χορδή «Chord Length» ίσο με 1, γωνία πρόσπτωσης (Incidence) ίση με  $-1^\circ$  και αφήνουμε το «X Shift» ίσο με 0. Για να αποθηκευτούν οι τιμές στη συγκεκριμένη χορδή, πατάμε το κουμπί «Set Chord». Ύστερα επιλέγουμε τη χορδή 1 από τη λίστα και θέτουμε το «Chord Length» ίσο με 0.6, τη γωνία πρόσπτωσης ίση με  $0^\circ$  και αφήνουμε το «X Shift» ίσο με 0. Τέλος, αφού αποθηκεύσουμε τις τιμές των παραμέτρων και για τη χορδή 1, επιλέγουμε τη χορδή 2 από τη λίστα. Θέτουμε το «Chord Length» ίσο με 0.2, τη γωνία πρόσπτωσης ίση με  $-1^\circ$  και αφήνουμε το «X Shift» ίσο με 0. Αποθηκεύουμε τις τιμές και για την τελευταία χορδή και πατάμε το κουμπί «OK» της φόρμας για να ολοκληρωθεί η δημιουργία της πτέρυγας. Όλες οι τιμές των παραμέτρων για τις διάφορες χορδές της πτέρυγας δίδονται στο Σχήμα 2.41.

The figure displays three sequential screenshots of the 'Chords Definition' dialog box in the Ge.P.A.S. software, illustrating the configuration of three chords (Chord 0, Chord 1, Chord 2) for a wing profile. Each screenshot shows a list of chords on the left, a 'Chord Size and Position' section with input fields for Chord Length, Incidence, and X Shift, an 'Airfoil Type' dropdown menu, and a 'Set Chord' button. A green horizontal line is visible in the background of each dialog box.

Chord	Chord Length	Incidence	X Shift	Airfoil Type
Chord 0	1	-1	0	Standard 2
Chord 1	0.6	0	0	Standard 2
Chord 2	0.2	1	0	Standard 2

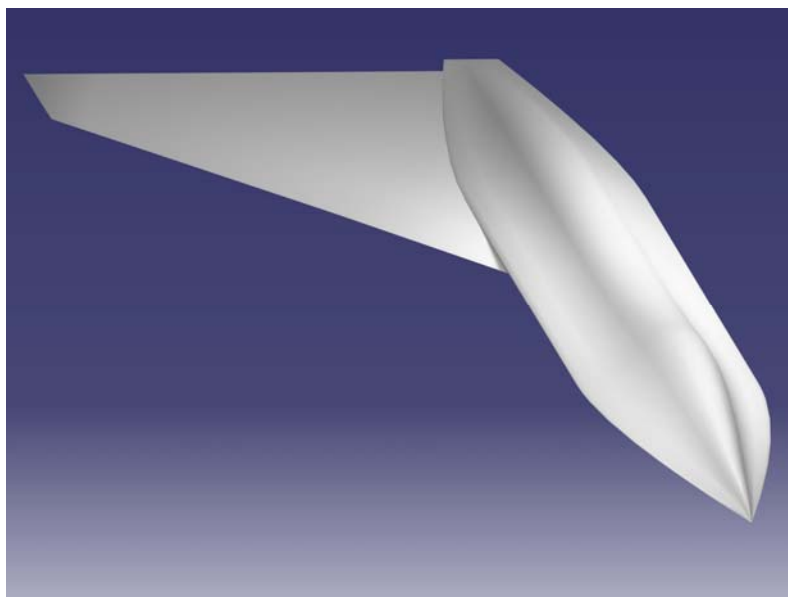
Σχήμα 2.41: Οι τιμές των παραμέτρων των χορδών της πτέρυγας για το παράδειγμα 2.

- Η νέα επιφάνεια πλέον είναι έτοιμη και φαίνεται στο παράθυρο σχεδίασης των επιφανειών. Στο Σχήμα 2.42 φαίνεται η κάτοψη της πτέρυγας μαζί με την άτρακτο, όπως παρουσιάζονται στην αρχική φόρμα του προγράμματος.



**Σχήμα 2.42:** Το τελικό σχέδιο του παραδείγματος 2 όπως παρουσιάζεται σε κάτοψη στην αρχική φόρμα του προγράμματος.

- Για να εξάγουμε την επιφάνεια που δημιουργήσαμε σε αρχείο μορφής IGES [11], πατάμε το κουμπί «Export IGES» από την κεντρική φόρμα, ώστε να εμφανιστεί ο διάλογος αποθήκευσης του αρχείου τύπου IGES. Στο Σχήμα 2.43 παρουσιάζεται το σχέδιο που δημιουργήσαμε, όπως αυτό οπτικοποιείται στο λογισμικό CATIA.

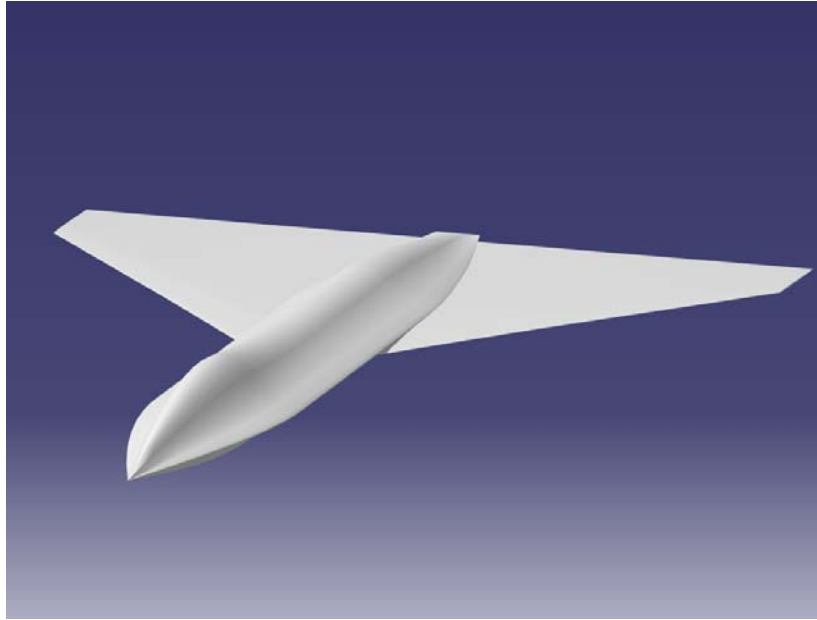


**Σχήμα 2.43:** Το τελικό σχέδιο του παραδείγματος 2 όπως οπτικοποιείται στο λογισμικό CATIA.

Εάν θέλουμε να σχεδιάσουμε και τη αντιδιαμετρική ημιπτέρυγα του αεροπλάνου, δεν χρειάζεται να δημιουργήσουμε καινούρια επιφάνεια, όπως περιγράφηκε στο Παράδειγμα 2 και να ορίσουμε από την αρχή τις μεταβλητές της νέας επιφάνειας. Αρκεί μόνο από την κεντρική φόρμα, έχοντας επιλέξει την επιφάνεια «Wing1», που μόλις δημιουργήσαμε, να εμφανίσουμε με δεξί κλικ το μενού των εντολών για την επιφάνεια και να επιλέξουμε την εντολή «Mirror» -> «YZ Plane». Με την εντολή αυτή



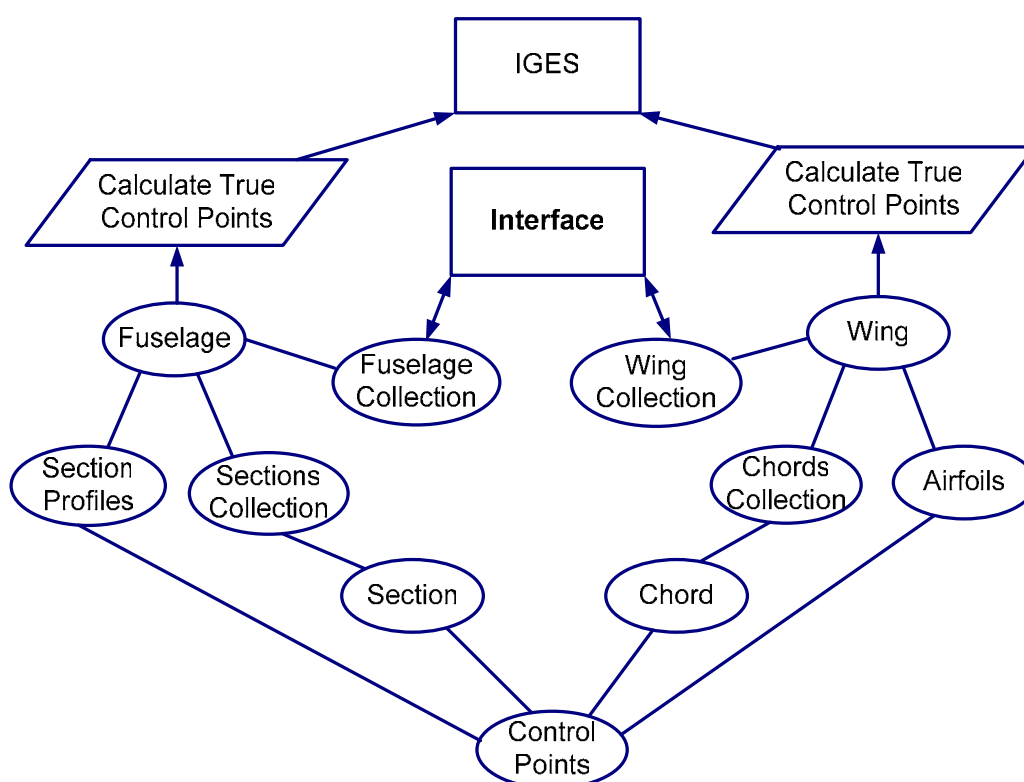
δημιουργείται αυτόματα μια καινούρια επιφάνεια τύπου πτέρυγας που είναι κατοπτρική της επιφάνειας Wing1 ως προς το YZ επίπεδο. Το τελικό σχέδιο παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.44.



**Σχήμα 2.44:** Το σχέδιο του παραδείγματος 2 με την κατοπτρική ημιπτέρυγα.

### 2.3) Δομή του Προγράμματος Ge.P.A.S.

Το πρόγραμμα Ge.P.A.S. κατασκευάστηκε στη γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic 6.0 και βασίστηκε στη λογική του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού. Κάθε επιφάνεια αποτελεί ένα αντικείμενο βασισμένο σε μια κλάση, η οποία έχει ως αντικείμενα μικρότερες κλάσεις, δημιουργώντας έτσι τη δομή ενός δέντρου, του οποίου το πιο απλό αντικείμενο είναι ένα σύνολο από σημεία ελέγχου με τις συντεταγμένες και τα βάρη τους και τα οποία περιγράφουν το πολύγωνο ελέγχου μέσα στο οποίο μπορεί να σχεδιαστεί μια καμπύλη NURBS. Στο Σχήμα 2.45 φαίνεται μια απλουστευμένη μορφή αυτού του δέντρου.



Σχήμα 2.45: Το δέντρο των κλάσεων του λογισμικού Ge.P.A.S.

### 2.3.1) Βασικές Έννοιες

Για να γίνει περισσότερο κατανοητή η δομή του Ge.P.A.S. θα παραθέσουμε αρχικά μερικές έννοιες του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού, όπως αυτές περιγράφονται μέσα στη Visual Basic.

#### Κλάση

**ουσιαστικό:** κάθε όνομα που ανήκει σε κάθε μέρος του λόγου το οποίο δηλώνει πρόσωπο, ζώο, πράγμα η αφηρημένη έννοια.

**ρήμα:** μέρος του λόγου που αποτελεί το κύριο συστατικό του κατηγορήματος και δηλώνει ότι το υποκείμενο ενεργεί, παθαίνει ή βρίσκεται σε μία κατάσταση.

**επίθετο:** το στοιχείο της γλώσσας που χρησιμοποιούμε στην επικοινωνία, για να προσδιορίσουμε ιδιότητες ή χαρακτηριστικά των ουσιαστικών.

*Λεξικό της Νέας Ελληνικής Γλώσσας [10]*

«Ένας καλός εμπειρικός κανόνας για τον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό είναι ότι οι κλάσεις είναι τα ουσιαστικά στην ανάλυση ενός προβλήματος. Οι μέθοδοι του αντικειμένου αντιστοιχούν στα ρήματα που δηλώνουν τις πράξεις του ουσιαστικού. Οι ιδιότητες είναι τα επίθετα που περιγράφουν το ουσιαστικό» [9]

Βασική οντότητα του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού είναι η κλάση. Μια κλάση είναι μια αφηρημένη *οντότητα* (ένα «πράγμα» που φέρνει εις πέρας ορισμένες από τις απαιτήσεις του χρήστη) με *συμπεριφορές* (ένα σύνολο από συναρτήσεις ή μεθόδους) και *ιδιότητες* (μεταβλητές που ορίζουν την κλάση). Η κλάση αντιπροσωπεύει μια ταξινόμηση των βασικών ασαφειών που ανακαλύπτουμε όταν αξιολογούμε ένα δεδομένο πρόβλημα [8].

Θα μπορούσαμε να πούμε ότι η κλάση είναι ένα πρότυπο. Είναι αυτή που καθορίζει τη συμπεριφορά και την ταυτότητα των αντικειμένων. Ορισμένες κλάσεις μπορούν επίσης να καθορίσουν τη συμπεριφορά και την ταυτότητα άλλων κλάσεων και ονομάζονται βασικές κλάσεις. Επίσης μια κλάση μπορεί να έχει ως ιδιότητα μια άλλη κλάση, ή μια συλλογή από αντικείμενα. Στην ουσία οι κλάσεις είναι πολύπλοκες μεταβλητές καθορισμένες από το χρήστη, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε οποιοδήποτε πρόγραμμα και σε όποια ποσότητα, ώστε να καλύψουν κάποια ανάγκη του προγραμματιστή.

Η χρήση των κλάσεων προέκυψε από την ανάγκη για επαναχρησιμοποίηση υπάρχοντος λογισμικού με την εξέλιξη της τεχνολογίας. Με την ύπαρξη των κλάσεων ο προγραμματιστής δύναται να τροποποιήσει ένα πρόγραμμα με βάση τις επιταγές της τεχνολογίας, αλλάζοντας μόνο τις μεθόδους ή τις ιδιότητες μιας κλάσης και όχι ολόκληρο το πρόγραμμα [8].

### **Αντικείμενο**

Ένα αντικείμενο αποτελεί ένα στιγμιότυπο μιας κλάσης. Από τη στιγμή που θα οριστεί μια μεταβλητή με τη μορφή μιας κλάσης, δημιουργείται ένα αντικείμενο με το όνομα της μεταβλητής. Έτσι το αντικείμενο έχει τις ιδιότητες και τις μεθόδους της κλάσης. Όταν κάποια ιδιότητα ή μέθοδος αλλάξει στον ορισμό της κλάσης αυτόματα αλλάζει και για όλα τα αντικείμενα που αποτελούν στιγμιότυπά της. Το αντίθετο δεν ισχύει.

Για να μπορέσει να γίνει κατανοητή η έννοια του αντικειμένου δίδεται το εξής παράδειγμα:

Ας θεωρήσουμε τη μάρκα αυτοκινήτων Volkswagen ως βασική κλάση για την κλάση των αυτοκινήτων τύπου Golf. Όταν όμως αγοράζουμε ένα αυτοκίνητο τύπου Golf, στην ουσία αγοράζουμε ένα στιγμιότυπο της κλάσης Golf γιατί μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε οδηγώντας το, δηλαδή χρησιμοποιώντας μια από τις μεθόδους της κλάσης Golf, ενώ μπορούμε να διαλέξουμε το χρώμα, την ύπαρξη κάποιων πρόσθετων χαρακτηριστικών. Επιλέγουμε δηλαδή τις ιδιότητες που θα έχει το αυτοκίνητο που αγοράσαμε, οι οποίες είναι πάντα βασισμένες στις ιδιότητες της κλάσης Golf. Το Golf τότε αποτελεί μια συγκεκριμένη κλάση με βάση την οποία το εργοστάσιο παραγωγής ξέρει πως να κατασκευάσει πραγματικά αυτοκίνητα (αντικείμενα) βασισμένα στον ορισμό της (μέθοδοι και ιδιότητες) [8].

### **Συλλογή αντικειμένων**

Μια συλλογή αντικειμένων είναι μια πολύπλοκη μορφή κλάσης, η οποία έχει σαν ιδιότητες τον αριθμό των αντικειμένων που περιέχει, καθώς και τα αντικείμενα. Η κλάση αυτή περιέχει αναφορές προς άλλα αντικείμενα και έχει μεθόδους για προσθήκη, πρόσβαση και διαγραφή των αντικειμένων αυτών. Ο λόγος που χρησιμοποιούμε συλλογές αντικειμένων είναι για να μπορούμε να έχουμε ευκολότερη πρόσβαση σε αυτά τα αντικείμενα και για να είναι ομαδοποιημένα.

Για παράδειγμα, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η κλάση Golf που προαναφέραμε, έχει ως ιδιότητες άλλες κλάσεις (πόρτες, ρόδες, τιμόνι κλπ.). Τότε η κλάση κιβώτιο ταχυτήτων αποτελεί μια συλλογή αντικειμένων, αφού κάθε ταχύτητα θα μπορούσε να είναι ένα διαφορετικό αντικείμενο βασισμένο στην κλάση γρανάζι [8].

### 2.3.2) Αντικειμενοστραφής Προγραμματισμός και Ge.P.A.S.

Στο λογισμικό Ge.P.A.S. υπάρχουν δυο βασικές κλάσεις που περιγράφουν τις δυο βασικές επιφάνειες που μπορούν να δημιουργηθούν. Αυτές είναι η κλάση «Fuselage» και η κλάση «Wing», οι οποίες φαίνονται και στο Σχήμα 2.45. Στη συνέχεια θα αναλύσουμε τις δυο κλάσεις χωριστά.

#### Κλάση «Fuselage»

Η κλάση «Fuselage» περιγράφει την κατασκευή μιας επιφάνειας τύπου ατράκτου. Η κλάση περιέχει ένα μεγάλο αριθμό από ιδιότητες (Attributes - Properties) που περιγράφουν τη γεωμετρία της επιφάνειας καθώς και το είδος της και μια μέθοδο που υπολογίζει τα πραγματικά σημεία ελέγχου που περιγράφουν την άτρακτο.

Οι ιδιότητες της κλάσης «Fuselage» είναι οι ακόλουθες:

#### Γενικά Χαρακτηριστικά:

- Name: Το όνομα της ατράκτου

#### Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά

- Blength: Περιγράφει το μήκος του όγκου ελέγχου της ατράκτου
- BHeight: Περιγράφει το ύψος του όγκου ελέγχου της ατράκτου
- BThick: Περιγράφει το πάχος του όγκου ελέγχου της ατράκτου
- XPos: Περιγράφει τη θέση της ατράκτου στον x άξονα
- YPos: Περιγράφει τη θέση της ατράκτου στον y άξονα
- ZPos: Περιγράφει τη θέση της ατράκτου στον z άξονα
- Air\_Length: Το ολικό μήκος του αεροσκάφους

#### Χαρακτηριστικά Επιφάνειας

- N\_Sections: Ο αριθμός των σταθμών ελέγχου που απαρτίζουν την άτρακτο
- p: Ο βαθμός της επιφάνειας στην περιφερειακή διεύθυνση
- q: Ο βαθμός της επιφάνειας στην αξονική διεύθυνση
- Ar\_Type: Ο τύπος της διάταξης των σταθμών ελέγχου κατά μήκους του z άξονα
- Open\_Srf: Ορίζει αν η επιφάνεια είναι ανοικτή ή όχι
- N\_CP: Ο αριθμός των σημείων ελέγχου κάθε σταθμού ελέγχου της ατράκτου

Εκτός όμως από ιδιότητες με μορφή αριθμού όπως οι παραπάνω, η κλάση «Fuselage» περιέχει και ιδιότητες, οι οποίες είναι αντικείμενα άλλων κλάσεων. Έτσι έχει ως ιδιότητες ένα αντικείμενο τύπου «Section», ένα αντικείμενο τύπου «Sections» και ένα αντικείμενο τύπου «Section\_Profiles». Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται το δέντρο που φαίνεται στο Σχήμα 2.37.

#### Ιδιότητες - Αντικείμενα

- Section: Το αντικείμενο τύπου «Section» χρησιμοποιείται για να ορίζονται αυτόματα όλοι οι σταθμοί ελέγχου που απαρτίζουν την άτρακτο και χρησιμοποιείται μόνο κατά

την αρχικοποίηση των ιδιοτήτων της ατράκτου. Επειδή το ίδιο αντικείμενο είναι και ιδιότητα της κλάσης – συλλογής «Sections», στο δέντρο φαίνεται μόνο η σχέση της συλλογής με την άτρακτο.

- Sections: Η συλλογή των αντικειμένων τύπου «Sections» χρησιμοποιείται για να μπορούμε να ελέγχουμε ξεχωριστά τον κάθε σταθμό ελέγχου της ατράκτου.
- Section Profiles: Το αντικείμενο τύπου «Section Profiles» είναι στην ουσία μια συλλογή από αντικείμενα τύπου «Control Points». Ένα αντικείμενο τύπου «Control Points» περιέχει τα σημεία ελέγχου που περιγράφουν μια συγκεκριμένη καμπύλη NURBS, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ορισθεί η μορφή των σταθμών ελέγχου της ατράκτου. Έτσι η συλλογή «Section Profiles» περιέχει τις διαφορετικές καμπύλες που μπορούν να περιγράψουν την άτρακτο.

Τέλος, η κλάση «Fuselage» έχει κάποιες ιδιότητες, οι οποίες περιέχουν τις πραγματικές συντεταγμένες και τα βάρη των σημείων ελέγχου, που περιγράφουν ολόκληρη την επιφάνεια. Οι ιδιότητες αυτές είναι μόνο για ανάγνωση, δηλαδή δεν μπορούν να ορισθούν από το χρήστη – προγραμματιστή, παρά υπολογίζονται από μια μέθοδο της κλάσης «Fuselage» και μπορούν να χρησιμοποιηθούν τελικά για να σχεδιαστεί η επιφάνεια.

#### Μη τροποποιήσιμες ιδιότητες

- T\_X\_Node(): Πίνακας που περιέχει τις x συντεταγμένες των σημείων ελέγχου της ατράκτου.
- T\_Y\_Node(): Πίνακας που περιέχει τις y συντεταγμένες των σημείων ελέγχου της ατράκτου.
- T\_Z\_Node(): Πίνακας που περιέχει τις z συντεταγμένες των σημείων ελέγχου της ατράκτου.
- T\_W\_Node(): Πίνακας που περιέχει τα βάρη των σημείων ελέγχου της ατράκτου.

#### Μέθοδοι

Η κλάση Fuselage έχει και μια μέθοδο, με την οποία υπολογίζονται τα πραγματικά σημεία ελέγχου που περιγράφουν την άτρακτο, χρησιμοποιώντας όλες τις ιδιότητες της ατράκτου που έχουν ορισθεί από το χρήστη. Η μέθοδος αυτή είναι η υπορουτίνα Add().

#### Κλάση Section

Η κλάση «Section» περιγράφει έναν σταθμό ελέγχου της ατράκτου. Η κλάση αυτή περιέχει έναν αριθμό από ιδιότητες που περιγράφουν τη θέση και τη γεωμετρία της.

#### Ιδιότητες Θέσης

- Z\_Pos: Η θέση του σταθμού ελέγχου στον z άξονα όπως αυτή ορίζεται από τη διάταξη των σταθμών ελέγχου
- X\_SCenter: Η μετατόπιση του κέντρου του σταθμού ελέγχου στον x άξονα
- Y\_SCenter: Η μετατόπιση του κέντρου του σταθμού ελέγχου στον y άξονα
- Z\_SCenter: Η μετατόπιση του κέντρου του σταθμού ελέγχου στον z άξονα

#### Ιδιότητες Γεωμετρίας

- S\_UHeight: Το πάνω ύψος του σταθμού ελέγχου
- S\_LHeight: Το κάτω ύψος του σταθμού ελέγχου
- S\_Thick: Το πάχος του σταθμού ελέγχου
- Delta\_X(): Πίνακας που περιέχει τη μετατόπιση στον x άξονα όλων των σημείων ελέγχου που περιγράφουν το σταθμό ελέγχου
- Delta\_Y(): Πίνακας που περιέχει τη μετατόπιση στον y άξονα όλων των σημείων ελέγχου που περιγράφουν το σταθμό ελέγχου
- Delta\_Z(): Πίνακας που περιέχει τη μετατόπιση στον z άξονα όλων των σημείων ελέγχου που περιγράφουν το σταθμό ελέγχου
- Delta\_W(): Πίνακας που περιέχει την αλλαγή των βαρών όλων των σημείων ελέγχου που περιγράφουν το σταθμό ελέγχου
- Sec\_Prof: Ο τύπος της καμπύλης που περιγράφει το σταθμό ελέγχου

Επίσης η κλάση Section έχει και μια ιδιότητα, η οποία είναι αντικείμενο τύπου «Control\_Points». Η κλάση «Control\_Points» περιέχει τις συντεταγμένες και τα βάρη των σημείων ελέγχου, που περιγράφουν το σταθμό ελέγχου.

### **Κλάση «Sections»**

Η κλάση «Sections» είναι μια συλλογή αντικειμένων τύπου «Section». Έτσι η κλάση «Sections» έχει ως μοναδική ιδιότητα ένα αντικείμενο τύπου «Section» και διάφορες μεθόδους με τις οποίες προστίθενται και αφαιρούνται αντικείμενα από τη συλλογή και ορίζουν τη θέση των αντικειμένων μέσα σε αυτήν. Η κλάση αποτελεί αντικείμενο της κλάσης «Fuselage», για να μπορεί να γίνεται εύκολα ο χειρισμός όλων των σταθμών ελέγχου που απαρτίζουν μια επιφάνεια μέσα από αυτήν την κλάση.

### **Κλάση «Section Profiles»**

Η κλάση «Section\_Profiles» είναι μια συλλογή από αντικείμενα τύπου «Control\_Points». Στην ουσία αποτελεί μια βιβλιοθήκη, από την οποία ο χρήστης μπορεί να επιλέξει διατομές, που μπορούν να περιγράψουν τους σταθμούς ελέγχου. Η κλάση έχει μεθόδους για εισαγωγή και διαγραφή αντικειμένων τύπου «Control\_Points», ενώ αποτελεί αντικείμενο της κλάσης «Fuselage», γεγονός που μας δίνει τη δυνατότητα να γίνεται ανάθεση ενός αντικειμένου «Control\_Points» σε ένα αντικείμενο «Section» μέσα από την κλάση «Fuselage» με μεγαλύτερη ευκολία.

### **Κλάση «Control Points»**

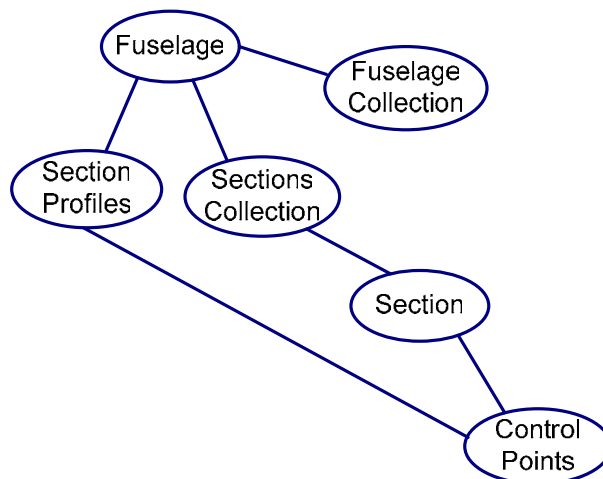
Η κλάση «Control\_Points» είναι κλάση που βρίσκεται στην τελευταία βαθμίδα του δέντρου σχεδίασης και αποτελεί την πιο απλή από τις κλάσεις που περιγράφονται, αφού παρέχει μόνο πληροφορίες για τα σημεία ελέγχου που περιγράφουν μια καμπύλη NURBS. Κάθε αντικείμενο της κλάσης μπορεί να περιγράψει μια ξεχωριστή καμπύλη. Η κλάση «Control\_Points» είναι και η μοναδική κλάση που είναι κοινή και για τις δυο είδους επιφάνειες που σχεδιάζονται με το λογισμικό. Οι ιδιότητες της κλάσης «Control\_Points» φαίνονται παρακάτω:

#### Ιδιότητες Θέσης

- N\_CP: Ορίζει τον αριθμό των σημείων ελέγχου που περιέχει η καμπύλη που περιγράφει ένα αντικείμενο της κλάσης.
- X(): Πίνακας που περιέχει τη x συντεταγμένη των σημείων ελέγχου ενός αντικειμένου της κλάσης
- Y(): Πίνακας που περιέχει τη y συντεταγμένη των σημείων ελέγχου ενός αντικειμένου της κλάσης
- Z(): Πίνακας που περιέχει τη z συντεταγμένη των σημείων ελέγχου ενός αντικειμένου της κλάσης
- W(): Πίνακας που περιέχει τα βάρη των σημείων ελέγχου ενός αντικειμένου της κλάσης

#### Δομή της επιφάνειας άτρακτος

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η δομή των κλάσεων που περιγράφουν μια επιφάνεια τύπου άτρακτος φαίνεται σχηματικά στο Σχήμα 2.46.



**Σχήμα 2.46:** Σχηματική αναπαράσταση των κλάσεων που περιγράφουν μια επιφάνεια τύπου άτρακτος.

#### Κλάση «Wing»

Η κλάση «Wing» περιγράφει την κατασκευή μιας επιφάνειας τύπου πτέρυγας. Η κλάση έχει πολλές ιδιότητες, που περιγράφουν την πτέρυγα και δυο μεθόδους, με τις οποίες υπολογίζονται οι πραγματικές τιμές των σημείων ελέγχου, που περιγράφουν την επιφάνεια. Συγκεκριμένα:

#### Γενικές Ιδιότητες

- Name: Το όνομα της επιφάνειας τύπου πτέρυγας, όπως αυτό φαίνεται στο δέντρο των επιφανειών.



#### Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά

- X\_Pos: Η θέση της επιφάνειας στον x άξονα.
- Y\_Pos: Η θέση της επιφάνειας στον y άξονα.
- Z\_Pos: Η θέση της επιφάνειας στον z άξονα.
- Span2: Το άνοιγμα της ημιπτέρυγας
- Root\_Chord: Το μήκος της βασικής χορδής της ημιπτέρυγας
- W\_Sweep: Η γωνία οπισθόκλισης της ημιπτέρυγας
- W\_Dih: Η γωνία διέδρου της ημιπτέρυγας
- Air\_Length: Το μήκος του αεροπλάνου, με βάση το οποίο γίνονται οι υπολογισμοί των σημείων ελέγχου της ημιπτέρυγας.
- Orient: Ορίζει τη φορά προς την οποία σχεδιάζεται η επιφάνεια τύπου πτέρυγας. Στην ουσία η ιδιότητα Orient ορίζει τη φορά του άξονα x.

#### Χαρακτηριστικά της επιφάνειας

- p: Ο βαθμός της επιφάνειας στην περιφερειακή διεύθυνση
- q: Ο βαθμός της επιφάνειας στην αξονική διεύθυνση
- N\_Chords: Ο αριθμός των χορδών που αποτελούν την πτέρυγα.
- Ar\_Type: Ορίζει τη μορφή της διάταξης των χορδών κατά μήκους του ανοίγματος του φτερού.
- Dih\_Type: Ορίζει αν η γωνία διέδρου θα εφαρμοστεί με περιστροφή του φτερού γύρω από τον z άξονα, ή με μετατόπιση των χορδών στο yz επίπεδο.
- Open\_Srf: Ορίζει αν η επιφάνεια είναι ανοικτού ή κλειστού τύπου.

Επίσης, η κλάση Wing έχει και ιδιότητες που είναι αντικείμενα άλλων κλάσεων. Αυτές είναι η Chord, η Chords και η Airfoils.

#### Ιδιότητες - Αντικείμενα

- Chord: Αντικείμενο της κλάσης Chord. Χρησιμοποιείται για να ορίζονται οι παράμετροι, που περιγράφουν μια χορδή της πτέρυγας. Το αντικείμενο Chord είναι και μέλος της συλλογής Chords. Επειδή και η συλλογή Chords είναι ιδιότητα της κλάσης Wing, στο δέντρο φαίνεται μόνο η σχέση της συλλογής με την πτέρυγα.
- Chords: Αντικείμενο της συλλογής Chords, το οποίο χρησιμοποιείται για να μπορούν να χειριστούν πιο εύκολα οι χορδές που αποτελούν την πτέρυγα.
- Airfoils: Το αντικείμενο Airfoils είναι τύπου Section\_Profiles, η οποία είναι μια συλλογή από αντικείμενα τύπου Control\_Points. Στην ουσία, στο αντικείμενο Airfoils αποθηκεύονται οι διαφορετικές αεροτομές που μπορούν να εφαρμοστούν στις χορδές μιας πτέρυγας.

Όπως και στην κλάση «Fuselage», η κλάση «Wing» έχει ως ιδιότητες μερικούς πίνακες, στους οποίους αποθηκεύονται οι συντεταγμένες και τα βάρη των σημείων ελέγχου, που περιγράφουν την επιφάνεια. Οι ιδιότητες είναι μόνο για ανάγνωση και μπορούν να υπολογιστούν μόνο μέσα από την κλάση, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν ως έξοδος του προγράμματος.

#### Μη τροποποιήσιμες ιδιότητες

- T\_X(): Πίνακας που περιέχει τις πραγματικές συντεταγμένες των σημείων ελέγχου της επιφάνειας στον x άξονα.
- T\_Y(): Πίνακας που περιέχει τις πραγματικές συντεταγμένες των σημείων ελέγχου της επιφάνειας στον y άξονα.
- T\_Z(): Πίνακας που περιέχει τις πραγματικές συντεταγμένες των σημείων ελέγχου της επιφάνειας στον z άξονα.
- T\_W(): Πίνακας που περιέχει τις πραγματικές τιμές των βαρών των σημείων ελέγχου της επιφάνειας τύπου πτέρυγας.

#### Μέθοδοι

Η κλάση «Wing» έχει μια μέθοδο, την «Compute», με την οποία υπολογίζονται οι πραγματικές συντεταγμένες των σημείων ελέγχου που περιγράφουν την επιφάνεια. Στη συγκεκριμένη μέθοδο λαμβάνονται υπόψη όλες οι παράμετροι, που έχουν οριστεί για την πτέρυγα, και γίνεται περαιτέρω έλεγχος για το είδος της διέδρου της πτέρυγας καθώς και για τη φορά της σχεδίασης.

#### Κλάση «Chord»

Η κλάση «Chord» περιγράφει μια χορδή μιας επιφάνειας πτέρυγας και έχει ένα αριθμό από ιδιότητες, που περιγράφουν τη θέση και τη γεωμετρία της.

#### Ιδιότητες Θέσης

- C\_Position: Ορίζει τη θέση της χορδής στο x άξονα. Η θέση αυτή είναι η θέση που υπολογίζεται με βάση την επιλογή της διάταξης όλων των χορδών στον x άξονα.
- X\_Shift: Η μετατόπιση που μπορεί να δοθεί σε μια χορδή στον x άξονα.

#### Ιδιότητες Γεωμετρίας

- C\_Length: Ορίζει το μήκος της χορδής
- W\_Incid: Η γωνία πρόσπτωσης της συγκεκριμένης χορδής

#### Ιδιότητες - Αντικείμενα

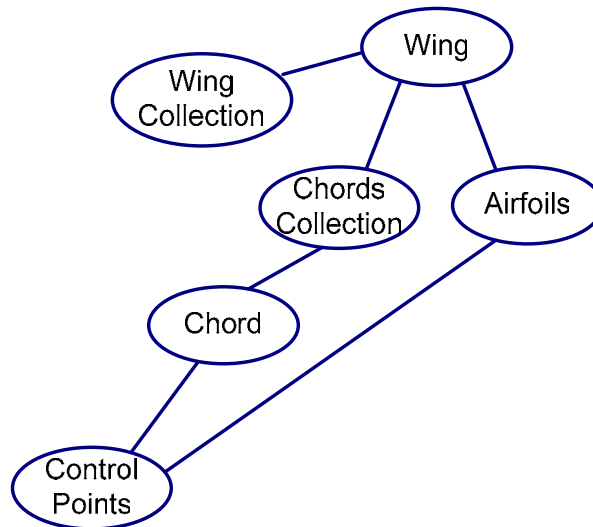
- Control\_Points: Αντικείμενο τύπου Control\_Points.

#### Κλάση «Chords»

Η κλάση «Chords» είναι μια συλλογή από αντικείμενα τύπου «Chord» και χρησιμοποιείται για ευκολότερο χειρισμό όλων των χορδών που περιγράφουν μια επιφάνεια τύπου πτέρυγας. Η συλλογή αποτελεί αντικείμενο της κλάσης «Wing». Έτσι κάθε αντικείμενο «Wing» έχει τη δική του συλλογή «Chords». Η συλλογή έχει μεθόδους για προσθήκη, διαγραφή και χειρισμό των αντικειμένων που περιέχει.

**Δομή της επιφάνειας Τύπου Πτέρυγας**

Σύμφωνα με την περιγραφή των κλάσεων «Wing», «Chord» και «Chords» σχηματίζεται η επιφάνεια τύπου πτέρυγας. Η δομή των κλάσεων που την περιγράφουν φαίνεται στο Σχήμα 2.47.

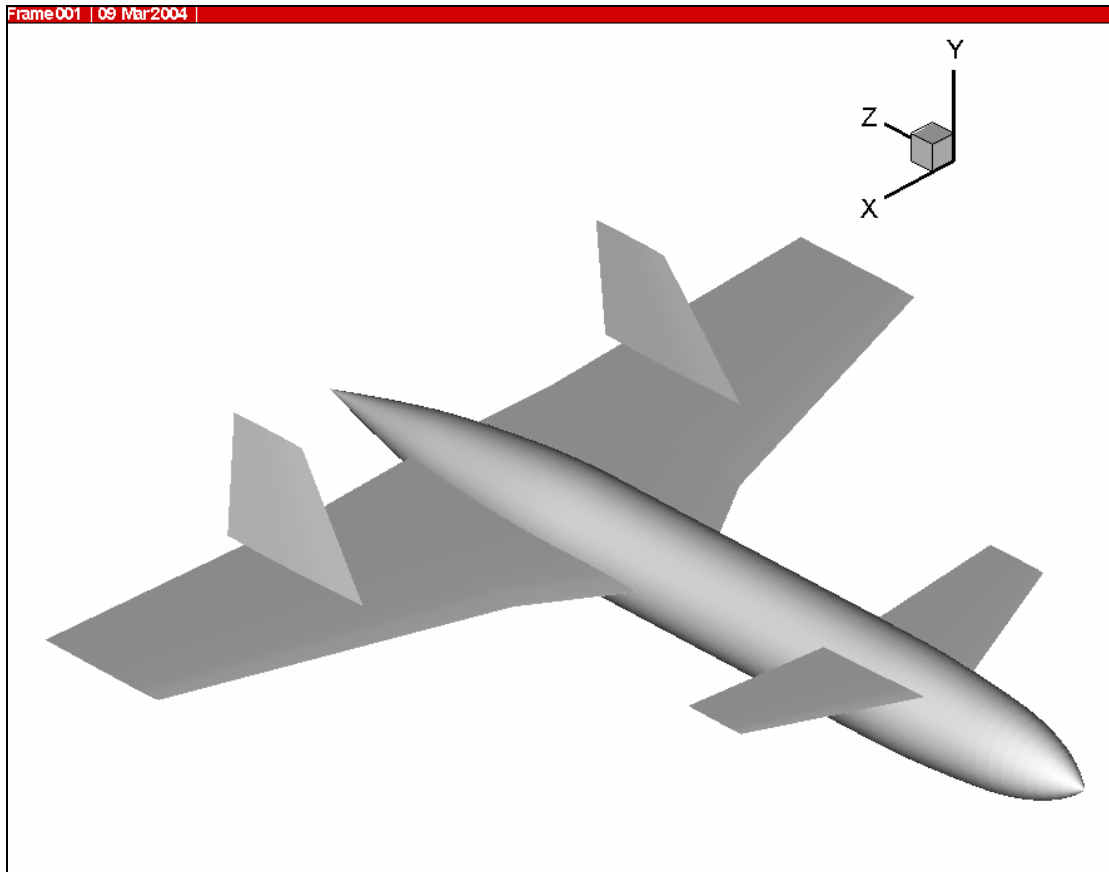


**Σχήμα 2.47:** Σχηματική αναπαράσταση των κλάσεων που περιγράφουν μια επιφάνεια τύπου πτέρυγας.

### **Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> : Παραδείγματα γεωμετριών**

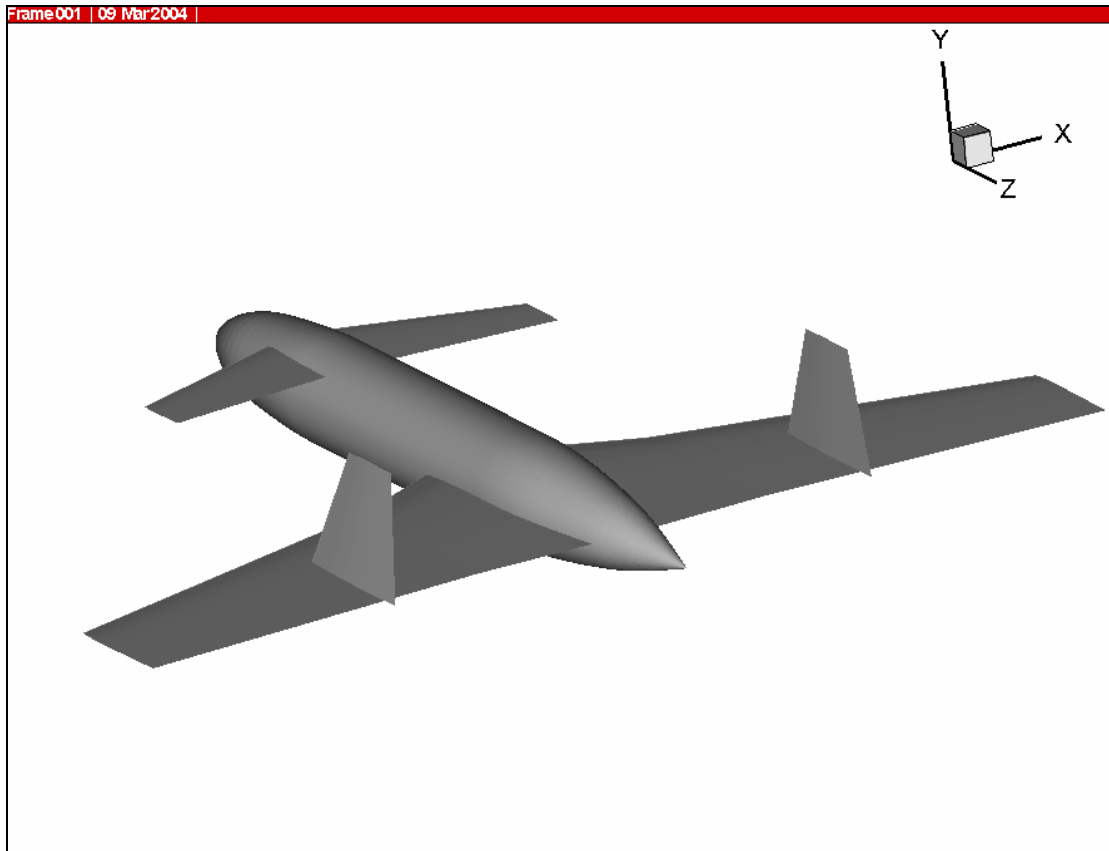
Στη συνέχεια παρατίθενται μερικά σχέδια, που δημιουργήθηκαν με το πρόγραμμα Ge.P.A.S, για να φανούν οι δυνατότητες του προγράμματος.

#### **3.1) Μη επανδρωμένο αεροσκάφος με πτερύγια ελέγχου**



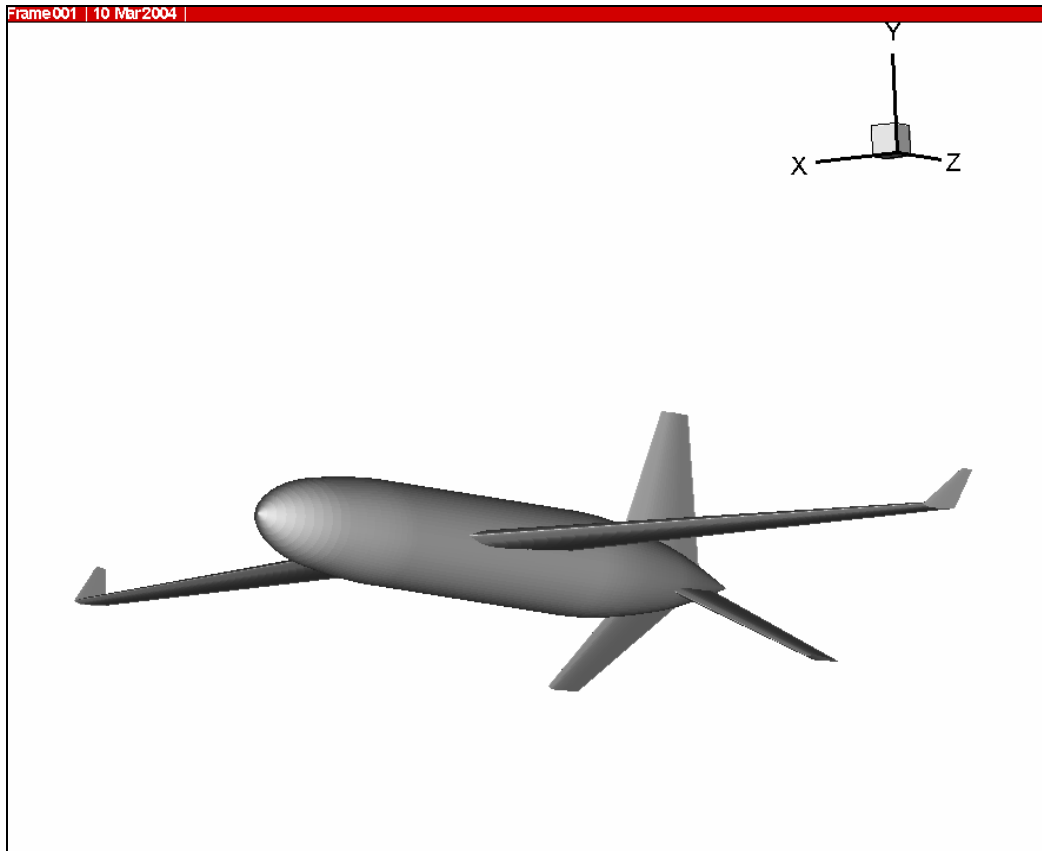
**Εικόνα 3.1:** Μη επανδρωμένο αεροσκάφος με διάταξη πτερυγίων ελέγχου canard (όψη 1) [7].

Το συγκεκριμένο αεροσκάφος είναι ένα μη επανδρωμένο ιπτάμενο όχημα με σχηματισμό εμπρόσθιων πτερυγίων ελέγχου (canards) και δυο κάθετα ουράια τοποθετημένα σε κάθε ημιπτέρυγα. Η άτρακτος του αεροσκάφους αποτελείται από δέκα διατομές, κυκλικής γεωμετρίας. Οι ημιπτέρυγες του αεροσκάφους αποτελούνται από δυο επιφάνειες τύπου πτερυγας το καθένα, για να δημιουργηθεί το «σπάσιμο» που φαίνεται στο σχήμα 3.1, ενώ και στα δυο τμήματα έχει προσαρμοστεί η γωνία οπισθόκλισης ώστε να έχουν την ίδια κλίση στο χεῖλος πρόσπτωσης. Για τη δημιουργία των κάθετων ουράιων χρησιμοποιήθηκαν επιφάνειες τύπου πτερυγας, με γωνία δίδροου  $90^\circ$ .



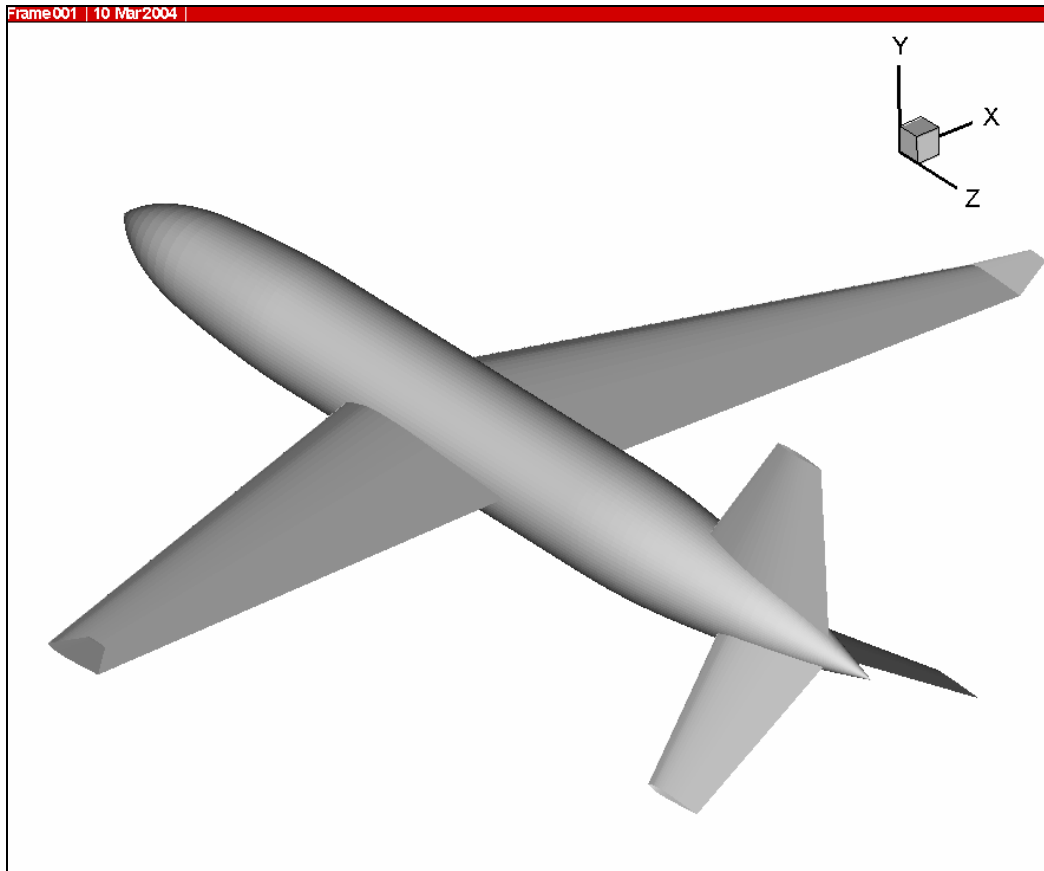
**Εικόνα 3.2:** Μη επανδρωμένο αεροσκάφος με διάταξη πτερυγίων ελέγχου canard (όψη 2) [7].

### 3.2) Μη επανδρωμένο αεροσκάφος με ουρά μορφής ανάστροφου Υ



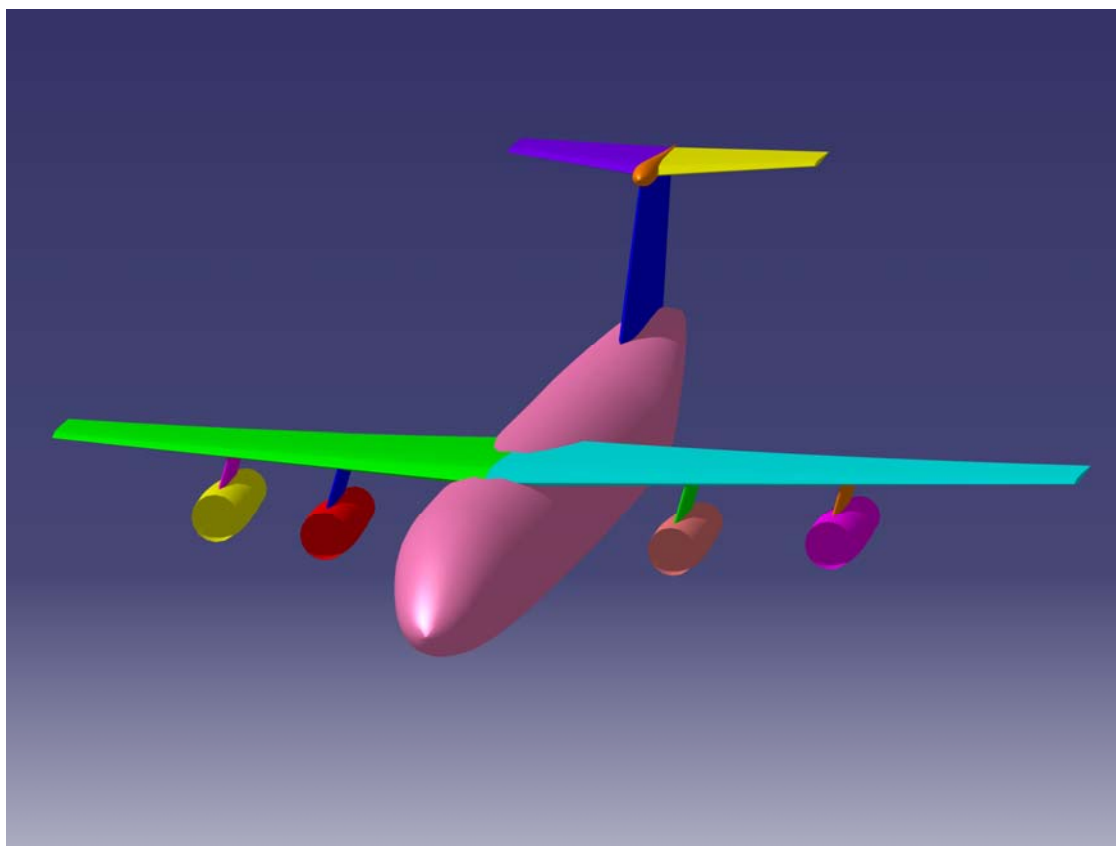
**Εικόνα 3.3:** Μη επανδρωμένο αεροσκάφος με ουρά ανάστροφου Υ (όψη 1) [7].

Το αεροσκάφος των εικόνων 3.3 και 3.4 είναι ένα μη επανδρωμένο αεροσκάφος με διάταξη ουράς τύπου ανάστροφου Υ. Η άτρακτος του αεροσκάφους είναι όμοια με εκείνη του αεροσκάφους στην Εικόνα 3.1. Οι ημιπτέρυγες αποτελούνται από δυο επιφάνειες το καθένα. Το κύριο μέρος της κάθε ημιπτέρυγας αποτελείται από τρεις χορδές. Το άλλο, πιο μικρό μέρος του έχει σχεδιαστεί με μεγαλύτερη γωνία δίδρου, προκειμένου να πάρει τη μορφή πτερυγίου τύπου «winglet». Η ουρά έχει σχεδιαστεί με τη χρήση τριών επιφανειών τύπου πτέρυγας, προσδίδοντας διαφορετική γωνία δίδρου στην καθεμία, για να δημιουργηθεί η μορφή του ανάστροφου Υ.



**Εικόνα 3.3:** Μη επανδρωμένο αεροσκάφος με ουρά τύπου ανάστροφου Y (όψη 2) [7].

### 3.3) Μεταγωγικό αεροσκάφος με ουρά σχήματος T

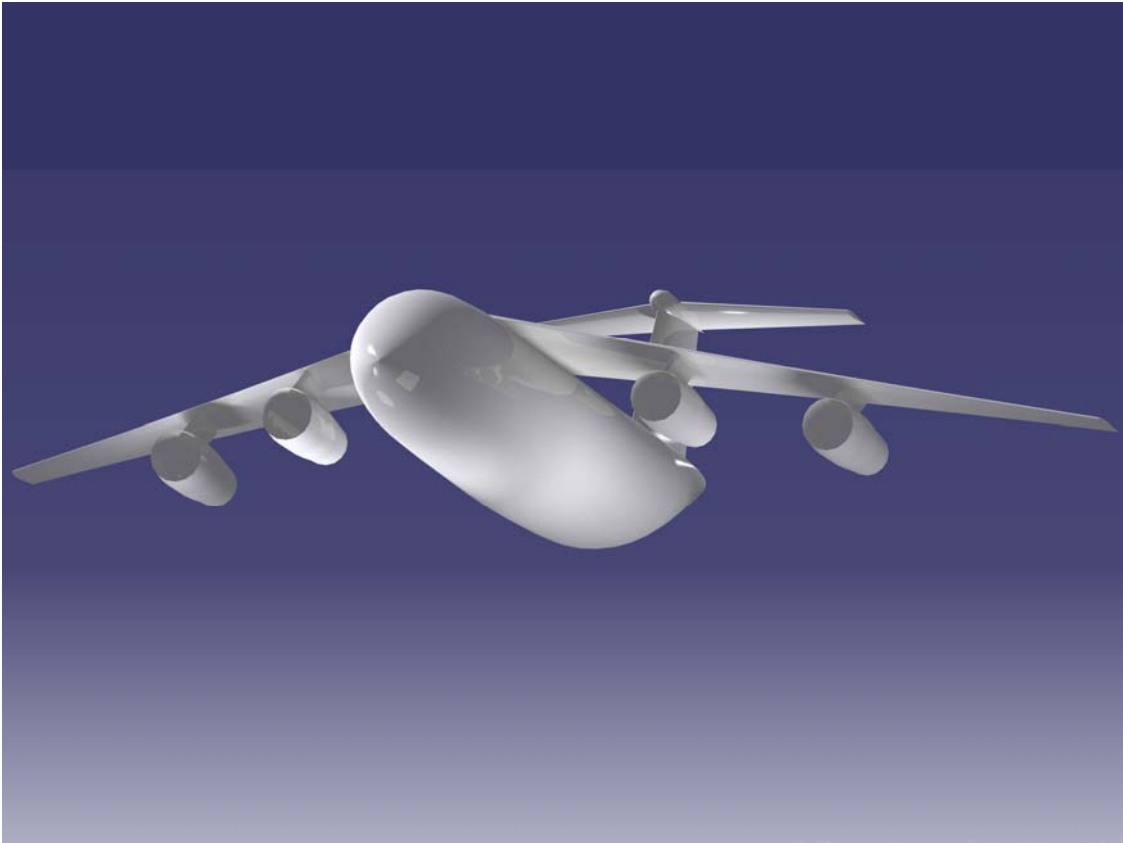


**Εικόνα 3.5:** Μεταγωγικό αεροσκάφος με ουρά σχήματος T (όψη 1).

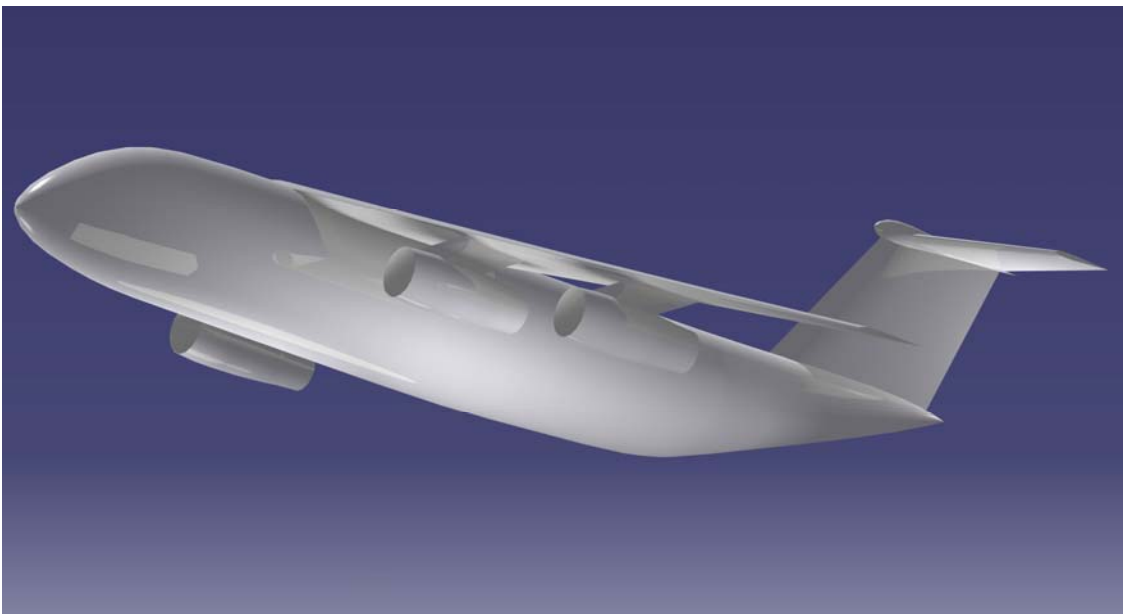
Το συγκεκριμένο αεροσκάφος είναι ένα μεταγωγικό με ουρά σχήματος T. Το αεροσκάφος αποτελείται από 15 διαφορετικές επιφάνειες. Στην Εικόνα 3.5 οι επιφάνειες έχουν χρωματιστεί με διάφορα χρώματα σε ένα CAD πρόγραμμα, προκειμένου να φανεί πώς ο συνδυασμός επιφανειών δυο τύπων με διαφορετικές ιδιότητες μπορεί να παράγει ένα πολύπλοκο σχέδιο.

Η άτρακτος του αεροσκάφους έχει κυκλική διατομή και αποτελείται από δέκα σταθμούς ελέγχου. Οι κινητήρες έχουν σχεδιαστεί με τη χρήση επιφανειών τύπου ατράκτου, ενώ οι στηρίξεις τους είναι επιφάνειες τύπου πτέρυγας. Η ουρά αποτελείται από τρεις επιφάνειες τύπου πτέρυγας, οι οποίες αποτελούν το κάθετο και τα δυο οριζόντια τμήματα, ενώ ο αεροδυναμικός βολβός, ανάμεσα από τα δυο ουραία πτερύγια είναι επιφάνεια τύπου ατράκτου. Τέλος, οι κύριες ημιπτέρυγες αποτελούνται από τρεις χορδές και έχουν αρνητική γωνία διέδρου, καθώς είναι τοποθετημένα στην κορυφή της ατράκτου. Επίσης έχει προσδοθεί στρέβλωση, με θετική γωνία πρόσπτωσης στην βάση, που καταλήγει σε αρνητική στο ακροπερύγιο. Όλες οι επιφάνειες είναι δευτέρου βαθμού και στις δυο διευθύνσεις του παραμετρικού επιπέδου.



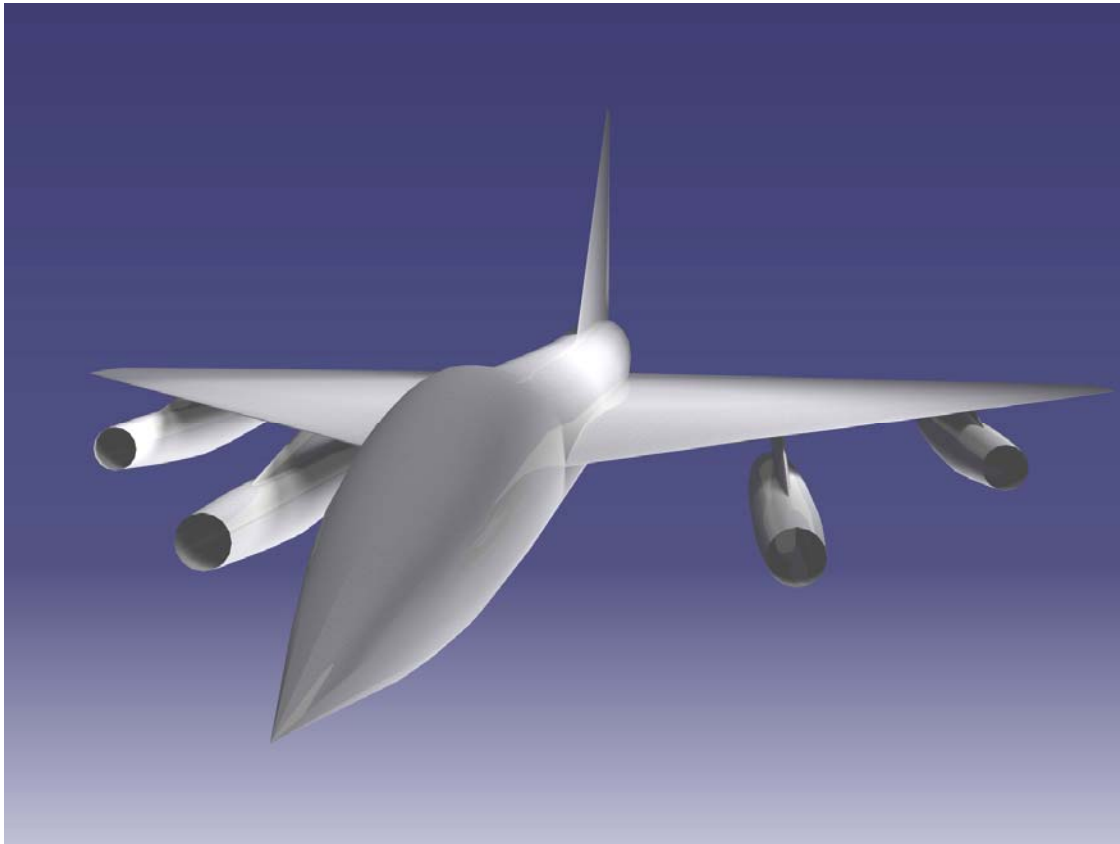


**Εικόνα 3.6:** Μεταγωγικό αεροσκάφος με ουρά σχήματος T (όψη 2).



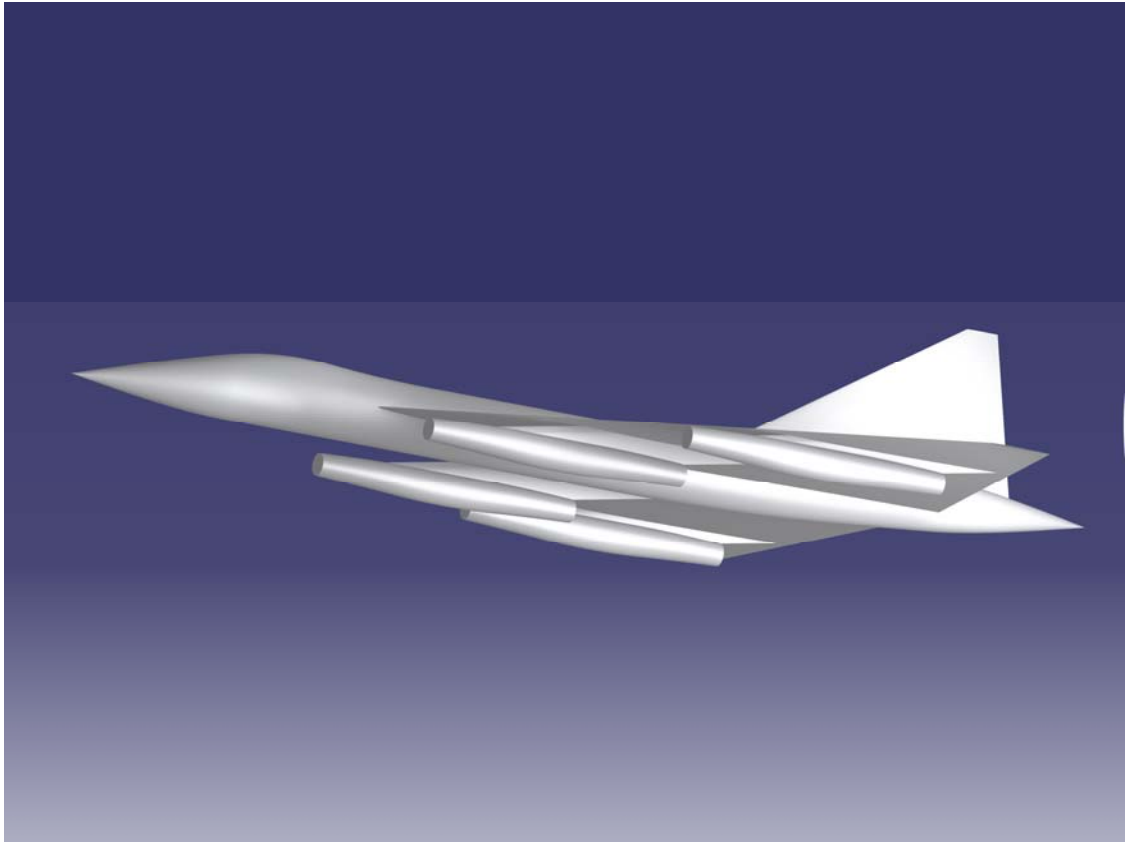
**Εικόνα 3.7:** Μεταγωγικό αεροσκάφος με ουρά σχήματος T (όψη 3).

### 3.4) Υπερηχητικό αεροσκάφος με πτέρυγα Δέλτα

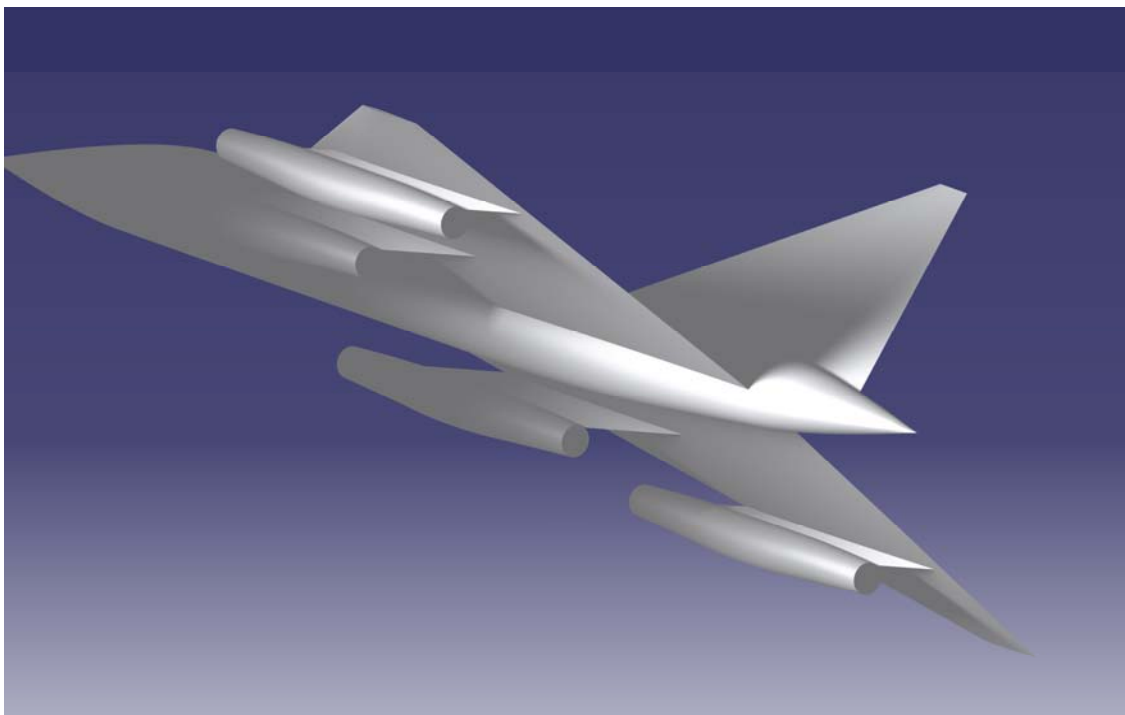


**Εικόνα 3.8:** Υπερηχητικό αεροσκάφος με πτέρυγα Δέλτα (όψη 1).

Το αεροσκάφος των εικόνων 3.8, 3.9 και 3.10 είναι ένα υπερηχητικό αεροσκάφος με πτέρυγα Δέλτα. Το σχέδιο αποτελείται από 12 επιφάνειες, δευτέρου βαθμού και στις δυο διευθύνσεις του παραμετρικού επιπέδου. Η άτρακτος είναι κυκλικής διατομής με μια ρύθμιση στο πάχος της, για να δημιουργηθεί το ωοειδές σχήμα της. Οι ημιπτέρυγες έχουν σχήμα Δέλτα και αποτελούνται από τρεις χορδές η κάθε μια. Οι τέσσερις κινητήρες είναι όμοιοι μεταξύ τους και σχεδιάστηκαν με τη χρήση επιφανειών τύπου ατράκτου. Τέλος, οι βάσεις των κινητήρων είναι σχεδιασμένες με τη χρήση επιφανειών τύπου πτέρυγας.

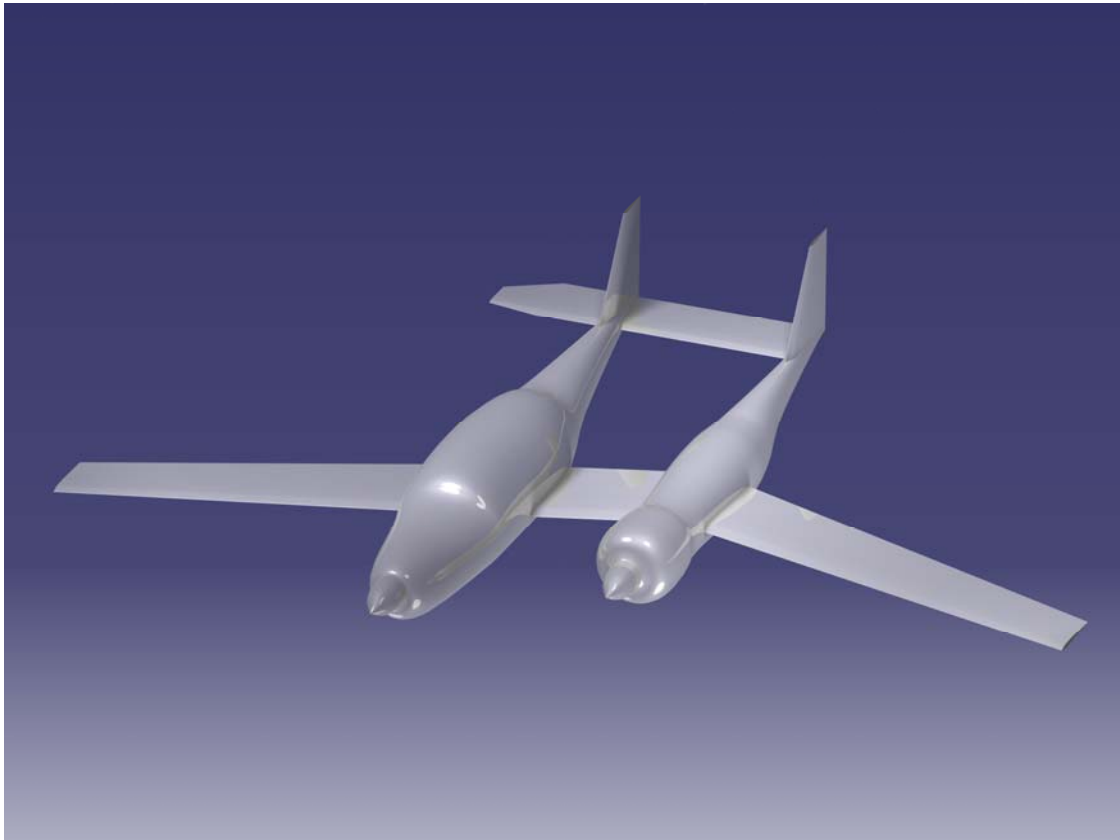


**Εικόνα 3.9:** Υπερηχητικό αεροσκάφος με πτέρυγα Δέλτα (όψη 2).



**Εικόνα 3.10:** Υπερηχητικό αεροσκάφος με πτέρυγα Δέλτα (όψη 3).

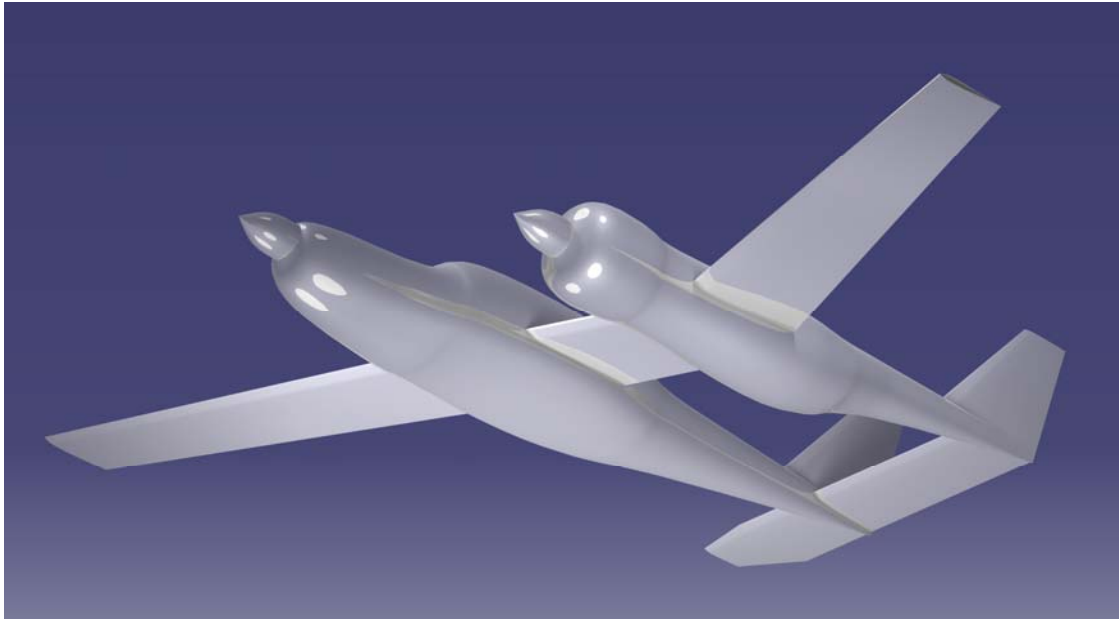
### 3.5) Επιβατικό αεροσκάφος με δυο ατράκτους



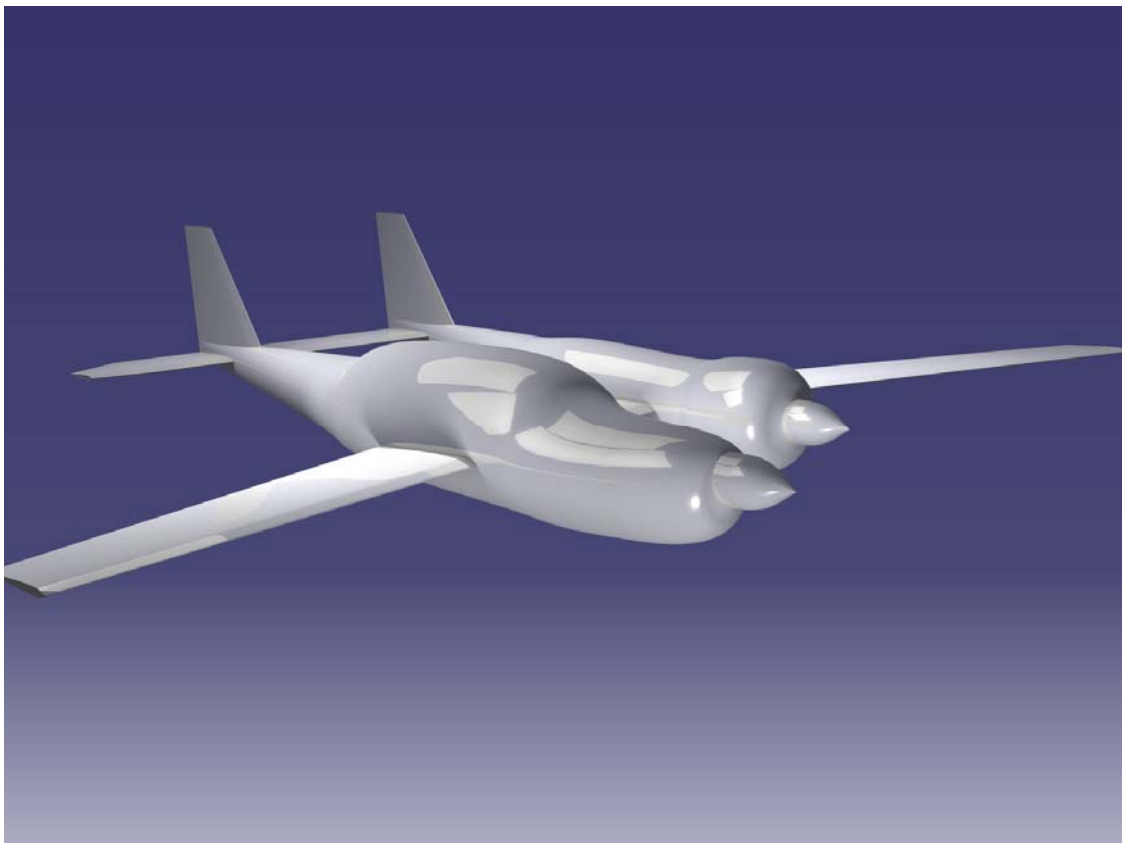
**Εικόνα 3.11:** Επιβατικό αεροσκάφος με δυο ατράκτους (όψη 1).

Το αεροσκάφος των Εικόνων 3.11 και 3.12 είναι ένα επιβατικό αεροσκάφος με δυο ατράκτους. Το παρόν σχέδιο είναι βασισμένο στο υπαρκτό αεροσκάφος Boomerang, που σχεδίασε και κατασκεύασε ο Burt Rutan.

Το σχέδιο αποτελείται συνολικά από δέκα επιφάνειες. Η ιδιομορφία του σχεδίου έγκειται στην ασυμμετρία του. Κάθε άτρακτος αποτελείται από δυο κομμάτια. Το ένα είναι η κύρια γεωμετρία της ατράκτου και το δεύτερο είναι ο κώνος του κινητήρα στην άκρη της ατράκτου. Οι πτέρυγες έχουν σχεδιαστεί με αρνητική γωνία οπισθόκλισης (εμπροσθοκλινείς) και αποτελούνται από τρεις χορδές η κάθε μία. Όλες οι επιφάνειες είναι δευτέρου βαθμού στην περιφερειακή διεύθυνση, ενώ μόνο η επιφάνεια του ουραίου πτερυγίου είναι πρώτου βαθμού στην αξονική διεύθυνση, για να δημιουργηθεί το «σπάσιμο» που φαίνεται στην εικόνα.



**Εικόνα 3.12:** Επιβατικό αεροσκάφος με δυο ατράκτους (όψη 2).



**Εικόνα 3.13:** Επιβατικό αεροσκάφος με δυο ατράκτους (όψη 3).

## **Συμπεράσματα – Μελλοντικοί στόχοι**

Στην παρούσα εργασία έγινε εκτενής αναφορά στη διαδικασία της σχεδίασης αεροσκαφών, ενώ δόθηκε μεγαλύτερη έμφαση στην πρώτη φάση της εννοιολογικής σχεδίασης (Conceptual Design) και έγινε μια αναφορά στα σχεδιαστικά πακέτα που υπάρχουν στον τομέα της σχεδίασης αεροσκαφών και ειδικότερα για τη φάση της εννοιολογικής σχεδίασης. Στα πλαίσια της εργασίας αναπτύχθηκε ένα λογισμικό κατασκευής παραμετρικών αεροδυναμικών επιφανειών με χρήση καμπυλών και επιφανειών NURBS, με την ονομασία Ge.P.A.S.

Το πακέτο κατασκευής παραμετρικών επιφανειών Ge.P.A.S. σχεδιάστηκε ειδικά για την παραγωγή εξωτερικών επιφανειών αεροσκαφών, με έμφαση στην αποτελεσματικότητα και τη φιλικότητα προς το χρήστη. Η παραγωγή των επιφανειών είναι βασισμένη στη χρήση επιφανειών και καμπυλών NURBS και είναι πλήρως παραμετρική, ώστε να υποστηρίζεται η εύκολη σχεδίαση εντελώς διαφορετικών τύπων αεροσκαφών. Η χρήση επιφανειών NURBS για την παραμετροποίηση των γεωμετριών καθιστά το πακέτο συμβατό με τα μεγαλύτερα πακέτα CAD. Έτσι, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως «προεπεξεργαστής» για ένα πακέτο CAD, όπου θα γίνει η περαιτέρω επεξεργασία των γεωμετριών που έχουν παραχθεί, ή η παραγωγή πλέγματος για τη χρήση του σε προγράμματα ανάλυσης ροής (CFD). Επιπλέον, οι γεωμετρικές παράμετροι του προγράμματος Ge.P.A.S. μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως παράμετροι βελτιστοποίησης, σε συνεργασία με κάποιο εξωτερικό πρόγραμμα βελτιστοποίησης. Για την παραγωγή των επιφανειών τύπου πτέρυγας μπορούν να χρησιμοποιηθούν γνωστοί τύποι αεροτομών, καθώς και άλλοι τύποι αεροτομών. Το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα εισαγωγής αεροτομών από αρχεία δεδομένων. Μεγάλη έμφαση δόθηκε και στη μικρή απαιτητικότητα του προγράμματος σε υπολογιστικούς πόρους.

Περισσότερη ευελιξία έδωσε στο πρόγραμμα η υιοθέτηση του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού για τη διαχείριση των σχεδιαζόμενων επιφανειών. Πλέον είναι δυνατό να παραχθεί μεγάλος αριθμός επιφανειών με εντελώς διαφορετικά χαρακτηριστικά και να επεξεργασθεί η καθεμιά ξεχωριστά χωρίς να επηρεάζονται οι υπόλοιπες. Επίσης, με τον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό καθίσταται πιο εύκολη η περαιτέρω εξέλιξη του προγράμματος και η προσθήκη περισσότερων λειτουργιών.

Με την προσθήκη δυνατότητας προβολής των παραγόμενων σχεδίων σε διάφορες όψεις, το λογισμικό Ge.P.A.S. έγινε περισσότερο φιλικό προς το χρήστη, καθώς πλέον κάθε αλλαγή στα χαρακτηριστικά του σχεδίου μπορούν να γίνουν άμεσα ορατές, χωρίς να απαιτείται η χρήση κάποιου άλλου πακέτου σχεδίασης με υπολογιστή (CAD).

Για την αύξηση της αποτελεσματικότητας του προγράμματος θα μπορούσε να προστεθεί επιλογή χρήσης μεθόδων μορφοποίησης των επιφανειών, όπως FreeForm Deformation. Επίσης σχεδιάζεται η δυνατότητα προβολής των επιφανειών με σκιασμένα μοντέλα, ενώ δυνατή θα είναι και η αυτόματη περιστροφή των μοντέλων για μεγαλύτερη φιλικότητα προς το χρήστη.

## **Βιβλιογραφία**

- [1] Raymer, P. Daniel: *Aircraft Design: A Conceptual Approach*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 1801 Alexander Bell Drive, Reston, VA 20191, *Third Edition* (1999).
- [2] Snepp, D. K., Pomeroy, R. C.: *A Geometry System for Aerodynamic Design*. AIAA 87-2902, USA (1987).
- [3] Capron, W. K., Smit, K.: *Advanced Aerodynamic Applications of an Interactive Geometry and Visualization System*. AIAA 91-0800, USA (1991).
- [4] LaBozetta, W. F., Cole, P. E., Born, K. E.: *Interactive Graphics for Geometry Generation - A Program with a Contemporary Design*. AIAA-84-2389, USA (1984).
- [5] Pagendarm, H.-G., Laurien, E., Sobieczky, H.: *Interactive Geometry Definition and Grid Generation for Applied Aerodynamics*. AIAA 88-2415CP, USA (1988).
- [6] Trapp, J.C., Sobieczky, H., *Interactive Parametric Geometry Design*, 37th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, Reno, NV, (1999).
- [7] Sarakinos S., Amoiralis E., Valakos I., Nikolos I. K., *Generic Parameterized Aircraft Surface Generation for Design Optimization*, 7th National Congress on Mechanics, June 24 – 26, 2004, Chania, Greece.
- [8] Thayer, Rob, *Visual Basic 6 Unleashed*, SAMS, Indianapolis, USA, ISBN: 067231309X (1998)
- [9] Schneider, I. David: *Computer Programming Concepts and Visual Basic*, Pearson Custom Publishing, 160 Gould Street/ Needham Heights, MA 02494, USA, ISBN 0-536-60446-0 (1999)
- [10] Μπαμπινιώτης, Δ. Γεώργιος, Καθηγητής της Γλωσσολογίας του Παν. Αθηνών, *Λεξικό της Νέας Ελληνικής Γλώσσας*, Κέντρο Λεξικολογίας ΕΠΕ, Τσιβεριώτης Κ. Γεώργιος.
- [11] Βαλάκος, Ι., *Διεθνή πρότυπα ανταλλαγής δεδομένων γεωμετρίας – Ανάπτυξη λογισμικού για περιγραφή επιφανειών στα πρότυπα IGES και STEP*, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, 2005.
- [12] [http://www.virginatlanticglobalflyer.com/images/311-1-BurtSignedSketch\\_400width\\_tcm206-4369.jpg](http://www.virginatlanticglobalflyer.com/images/311-1-BurtSignedSketch_400width_tcm206-4369.jpg)
- [13] <http://www.aircraftdesign.com/dr3.jpg>