

FOILSIM II

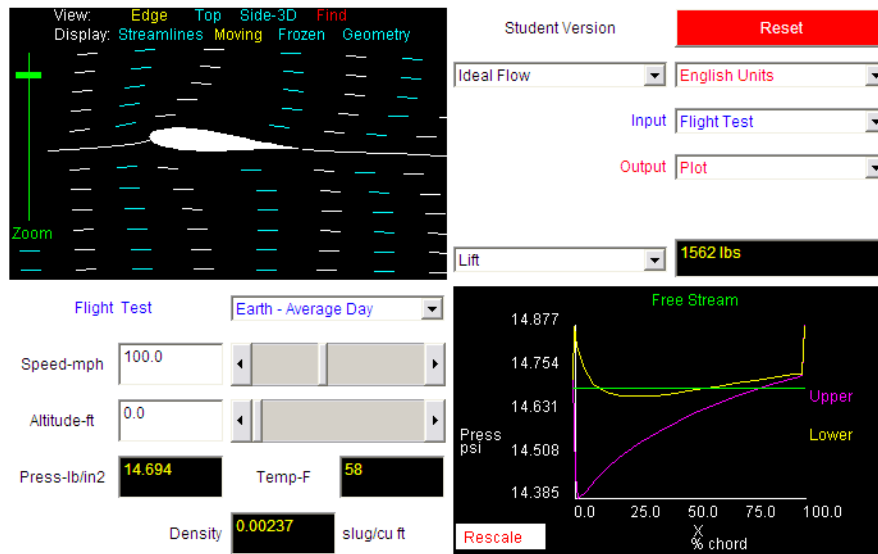
Μετάφραση των σημειώσεων του Tom Benson (Nasa Glenn Research Center,
<http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/FoilSim/index.html>)

Επιμέλεια: Βουκάντζης Δημήτριος

ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ

Το FoilSim II είναι ένα Java Applet για την μελέτη των παραγόντων που επηρεάζουν την άνωση που προκαλείται από πτέρυγα αεροπλάνου.

Πατώντας το κουμπί “FoilSim II” στην ιστοσελίδα (Μηχανική Συνεχών Μέσων >> Εικονικό Εργαστήριο >> Εφαρμογές) θα εμφανιστεί το παράθυρο της Εικόνας 1. Σ’ αυτό υπάρχει ένα πλήθος στοιχείων ελέγχου (κουμπιά, πεδία επιλογών, πεδία κειμένου κ.α.) με τα οποία μπορείτε να αλλάξετε τα χαρακτηριστικά της ροής και της πτέρυγας. Γενικά, τα πεδία κειμένου που είναι λευκά με κείμενο μαύρου χρώματος μπορούν να αλλάξουν (π.χ. το “Speed-mpH”), είτε πληκτρολογώντας την τιμή της μεταβλητής που επιθυμείτε και μετά πατώντας “enter”, είτε μετακινώντας την μπάρα με το ποντίκι αριστερά ή δεξιά. Αντιθέτως, τα μαύρα πεδία κειμένου με γράμματα κίτρινου χρώματος, είναι πεδία εξόδου του προγράμματος και δεν μπορούν να αλλάξουν.



Εικόνα 1. Το Βασικό παράθυρο του FoilSim II είναι χωρισμένο σε τέσσερα τμήματα (από πάνω προς τα κάτω και από αριστερά προς δεξιά: παράθυρο εμφάνισης, πίνακας ελέγχου, παράθυρο εισόδου, παράθυρο εξόδου).

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΑΡΑΘΥΡΟΥ

Το παράθυρο του FoilSim II, Εικόνα 1, χωρίζεται σε τέσσερα τμήματα. Αυτά είναι τα εξής:

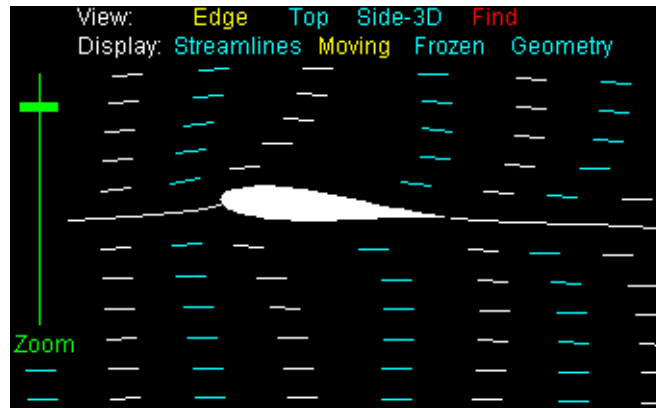
- ✓ **Παράθυρο εμφάνισης** (Πάνω αριστερά). Με τις επιλογές View: Edge, Top, Side-3D και Display: Streamlines, Moving, Frozen, Geometry μπορείτε να επιλέξετε τον οπτική γωνία και την μορφή με την οποία θα εμφανίζεται η πτέρυγα που σχεδιάζετε αντίστοιχα (λεπτομέρειες στην ενότητα “Παράθυρο Εμφάνισης”).
- ✓ **Πίνακας Ελέγχου** (Πάνω δεξιά). Εδώ μπορείτε να προσδιορίσετε τον τύπο της ανάλυσης που θέλετε να κάνετε, την είσοδο και την έξοδο του προγράμματος, καθώς και τις μονάδες στις οποίες θα κάνετε τους υπολογισμούς σας (λεπτομέρειες στην ενότητα “Πίνακας Ελέγχου”).
- ✓ **Παράθυρο Εισόδου** (Κάτω αριστερά). Εδώ καθορίζετε τις τιμές των μεταβλητών. Από το πεδίο επιλογής “Input” του πίνακα ελέγχου μπορείτε να μεταβαίνετε από την μία ομάδα μεταβλητών στην άλλη (συνολικά τρεις, λεπτομέρειες στην ενότητα “Παράθυρο Εισόδου”).
- ✓ **Παράθυρο Εξόδου** (Κάτω δεξιά). Η έξοδος του προγράμματος μπορεί να είναι γραφικές παραστάσεις της λειτουργίας της πτέρυγας, αριθμητικές τιμές μεταβλητών ή όργανα μέτρησης μεταβλητών. Η μορφή της εξόδου καθορίζεται από την επιλογή που θα κάνετε στο πεδίο επιλογής “Output” του πίνακα ελέγχου (λεπτομέρειες στην ενότητα “Παράθυρο Εξόδου”).

Στις παρακάτω ενότητες θα δούμε αναλυτικά τις λειτουργίες του κάθε παραθύρου.

ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ

Στο παράθυρο εμφάνισης μπορείτε να δείτε μία σχηματική απεικόνιση της πτέρυγας που σχεδιάζετε, καθώς και ορισμένα κουμπιά με τα οποία μπορείτε να ελέγξετε την μορφή και την οπτική γωνία της απεικόνισης. Οι οπτικές γωνίες (View) είναι οι εξής: Edge, Top, Side-3D και οι μορφές απεικόνισης

(Display) είναι: Streamlines, Frozen, Moving, Geometry. Παρακάτω περιγράφονται οι επιλογές αναλυτικά.



Εικόνα 2. Το παράθυρο εμφάνισης. Πάνω διακρίνονται οι επιλογές της μορφής και της οπτικής γωνίας της ροής. Ο τρέχων συνδυασμός έχει κίτρινο χρώμα.

Οπτικές Γωνίες Απεικόνισης (View)

- ✓ **Edge.** Δείχνει μία εγκάρσια τομή της πτέρυγας και τη ροή να κατευθύνεται από αριστερά προς δεξιά. Μπορείτε να μετακινήσετε την πτέρυγα επιλέγοντάς την με τον δείκτη του ποντικιού και κρατώντας τον πατημένο. Επιπλέον, μπορείτε να μεγεθύνετε ή να σμικρύνετε κάποιο σημείο της εικόνας μετακινώντας την πράσινη μπάρα, που βρίσκετε αριστερά στην οθόνη, προς τα πάνω ή προς τα κάτω. Αν χάσετε την πτέρυγα από την οθόνη τότε επιλέξτε το “Find” για να επανέλθει στο κέντρο.
- ✓ **Top.** Δείχνει την πτέρυγα όπως φαίνεται από πάνω, με την ροή να κατευθύνεται από κάτω προς τα πάνω. Επειδή το πρόγραμμα λύνει μόνο διδιάστατες ροές δεν θα δείτε την ροή. Η οπτική αυτή γωνία παρέχεται μόνο για να γίνει αντιληπτή η γεωμετρία της πτέρυγας.
- ✓ **Side-3D.** Δείχνει μία τρισδιάστατη προοπτική της πτέρυγας.

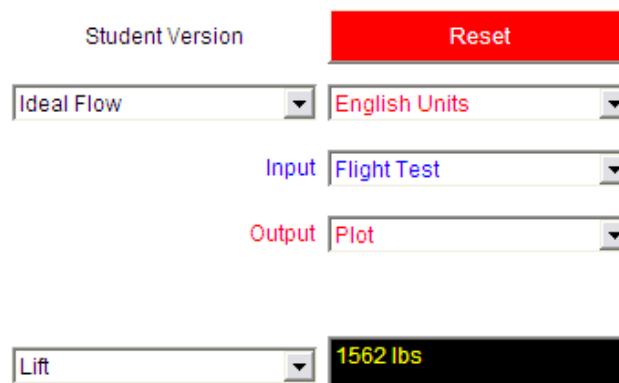
Μορφές Απεικόνισης (Display)

- ✓ **Moving.** Δείχνει σωματίδια να κινούνται γύρω από την πτέρυγα. Τα σωματίδια παριστάνονται από μικρά ευθύγραμμα τμήματα που η κλίση τους εξαρτάται από την τοπική γωνία της ροής. Η απόσταση μεταξύ των σωματιδίων είναι ανάλογη της ταχύτητας της ροής σε κάθε σημείο.
- ✓ **Frozen.** Δείχνει ένα στιγμιότυπο των κινούμενων σωματιδίων. Μπορείτε να μετακινήσετε το σύνολο των σωματιδίων επιλέγοντας κάποιο με τον δείκτη του ποντικιού και μετακινώντας το αριστερά ή δεξιά.
- ✓ **Streamlines.** Δείχνει τις γραμμές ροής γύρω από την πτέρυγα.
- ✓ **Geometry.** Δείχνει την γεωμετρία της πτέρυγας (την οπτική γωνία που έχετε επιλέξει) χωρίς την ύπαρξη της ροής.

Συνδυάζοντας τις οπτικές γωνίες και μορφές απεικόνισης μπορείτε να έχετε πλήρη εικόνα για την πτέρυγα που κατασκευάζετε, αν και κάποιοι συνδυασμοί δεν μπορούν να γίνουν όπως π.χ. Top + Moving, γιατί το FoilSim λύνει διαδοχικά ροές.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

Μέσα από τον πίνακα ελέγχου μπορείτε να καθορίσετε την είσοδο και την έξοδο του προγράμματος. Στην Εικόνα 3 φαίνεται ο πίνακας ελέγχου.



Εικόνα 3. Ο πίνακας ελέγχου επιτρέπει την μορφοποίηση της εξόδου και τον καθορισμό των τιμών και των μονάδων των μεταβλητών εισόδου

Με τα πεδία επιλογών “Input” και “Output” μπορείτε να καθορίσετε την είσοδο και την έξοδο του προγράμματος (περισσότερες λεπτομέρειες στις ενότητες “Παράθυρο Εισόδου” και “Παράθυρο Εξόδου”, αντίστοιχα). Πάνω από τα δύο αυτά πεδία υπάρχει ένα ακόμη πεδίο επιλογών που σας επιτρέπει να καθορίσετε τις μονάδες μέτρησης των μεταβλητών (“English Units” και “Metric Units”). Πάνω δεξιά υπάρχει το κουμπί “Reset” που επαναφέρει το πρόγραμμα στις προεπιλεγμένες ρυθμίσεις. Επιπλέον, στο κάτω μέρος της οθόνης εμφανίζεται η τιμή της άωσης που παράγει η πτέρυγα που σχεδιάζετε. Τέλος, με το πεδίο επιλογής που βρίσκεται πάνω αριστερά στην οθόνη, έχετε την δυνατότητα να επιλέξετε τον τύπο της ροής (“Ideal Flow” ή “Stall Model”).

ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΕΙΣΟΔΟΥ

Η μορφή του παραθύρου εξόδου καθορίζεται από το πεδίο επιλογής “Input” του πίνακα ελέγχου. Οι δυνατές επιλογές είναι: “Flight Test” (προεπιλεγμένη), “Shape/Angle” και “Size”. Το παράθυρο εισόδου με τις προεπιλεγμένες ρυθμίσεις φαίνεται στην Εικόνα 4.

Με την επιλογή “**Flight Test**” έχετε την δυνατότητα να καθορίσετε την ταχύτητα και το ύψος στο οποίο κινείτε η πτέρυγα. Επιπλέον, με το πεδίο επιλογών μπορείτε να καθορίσετε το περιβάλλον στο οποίο κινείτε η πτέρυγα (στην ουσία πίεση, θερμοκρασία και πυκνότητα της ατμόσφαιρας). Οι δυνατές επιλογές είναι: “Earth-Average Day” (τυπική μέρα στη Γη), “Mars- Average Day ” (τυπική μέρα στον Άρη), “Water-Const Density” (νερό σταθερής πυκνότητας), “Specify Air T&P” (περιβάλλον αέρα με πίεση και θερμοκρασία καθορισμένη από εσάς), “Specify Fluid Density” (ρευστό με πυκνότητα που θα καθοριστεί από εσάς). Για τις δύο τελευταίες επιλογές, όπου θα χρειαστεί να καθορίσετε τιμές

μεταβλητών, πληκτρολογήστε τις επιθυμητές τιμές στα αντίστοιχα πεδία στο κάτω μέρος του παραθύρου εισόδου.

The screenshot shows the 'Flight Test' input interface. At the top, there is a dropdown menu for the environment, currently set to 'Earth - Average Day'. Below this are three rows of input fields with corresponding sliders:

- Speed-mph:** Input field contains '100.0'.
- Altitude-ft:** Input field contains '0.0'.
- Press-lb/in2:** Input field contains '14.694'.
- Temp-F:** Input field contains '58'.
- Density:** Input field contains '0.00237 slug/cu ft'.

Εικόνα 4. Το παράθυρο εισόδου επιτρέπει τον καθορισμό όλων των παραμέτρων που απαιτούνται για τον σχεδιασμό μιας πτέρυγας.

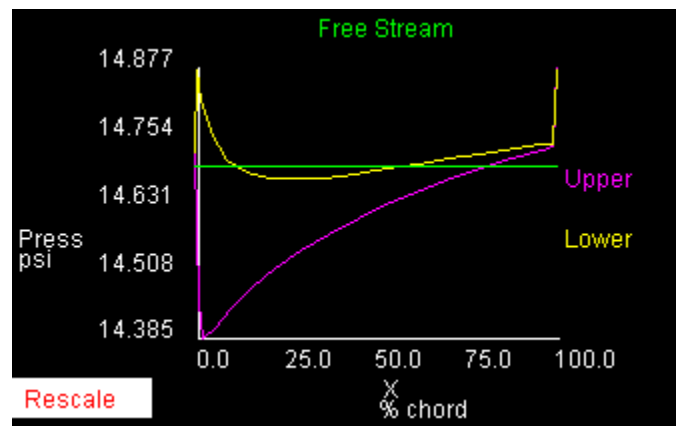
Με την επιλογή **“Shape/Angle”** μπορείτε να καθορίσετε το σχήμα που επιθυμείτε να μελετήσετε (όχι απαραίτητα πτέρυγα). Μέσα από το πεδίο επιλογών **“Airfoil Shape”** έχετε τις εξής κατηγορίες σχημάτων: **“Airfoil”**, **“Ellipse”**, **“Plate”**, **“Cylinder”**, **“Ball”**. Για τις τρεις πρώτες επιλογές μπορείτε να προσδιορίσετε επιπλέον την γωνία του σχήματος (αγγλικός όρος: angle of attack, πεδίο **“Angle-deg”**), την καμπυλότητα του σχήματος (Camber, πεδίο **“Camber-%c”**) και το πάχος (πεδίο **“Thickness”**). Για τις δύο τελευταίες επιλογές μπορείτε να προσδιορίσετε επιπλέον το σπίν (πεδίο **“Spin rpm”**), την ακτίνα (πεδίο **“Radius”**) και το άνοιγμα μήκος του σχήματος (έχει νόημα μόνο για κύλινδρο, πεδίο **“Span”**).

Με την επιλογή **“Size”** μπορείτε να προσδιορίσετε τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της πτέρυγας. Τα πεδία που μπορείτε να τροποποιήσετε είναι **“Chord”**, **“Span”**, **“Area”** που αντιστοιχούν στο μήκος, το πλάτος και την επιφάνεια της πτέρυγας. Στο πεδίο επιλογής στο κάτω μέρος της οθόνης μπορείτε να ενεργοποιήσετε ή να απενεργοποιήσετε την διόρθωση στον λόγο μήκος/πλάτος (**“AR Correction ON”** και **“AR Correction OFF”** αντίστοιχα).

ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΕΞΟΔΟΥ

Στο πεδίο επιλογής **“Output”** που βρίσκεται στον πίνακα ελέγχου μπορείτε να διαλέξετε μία από τις ακόλουθες επιλογές: **“Plot”** (προεπιλεγμένη), **“Plot Selection”**, **“Probe”**, **“Lift Meter”**, **“Performance”**. Κάθε μία από αυτές αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη μορφοποίηση του παραθύρου εξόδου. Το παράθυρο εξόδου με τις προεπιλεγμένες του ρυθμίσεις φαίνεται στην Εικόνα 5.

Με την επιλογή **“Plot”** εμφανίζεται στο παράθυρο εξόδου η γραφική παράσταση της επιφανειακής πίεσης κατά μήκος μιας τομής της πτέρυγας. Η κίτρινη γραμμή αντιστοιχεί στην πίεση κάτω από την πτέρυγα, η μοβ πάνω από αυτή, ενώ η πράσινη στην πίεση για την περίπτωση που δεν υπήρχε η πτέρυγα (ελεύθερη ροή).



Εικόνα 5. Στο παράθυρο εξόδου μπορείτε να δείτε γραφικές παραστάσεις, αριθμητικές τιμές μεταβλητών και να χρησιμοποιήσετε όργανα μέτρησης διαφόρων μεταβλητών.

Με την επιλογή **“Plot Selection”** έχετε την δυνατότητα να επιλέξετε μεταξύ διαφόρων γραφικών παραστάσεων. Αυτές κατηγοριοποιούνται σε δύο ομάδες, *Surface* και *Lift vs.* Στη πρώτη ομάδα ανήκουν οι γραφικές παραστάσεις της επιφανειακής πίεσης (που αναφέρθηκε παραπάνω) και της επιφανειακής ταχύτητας της ροής (η γραφική αυτή παράσταση είναι ανάλογη μ’ αυτή της πίεσης). Στην δεύτερη ομάδα (*Lift vs*) υπάρχουν γραφικές παραστάσεις μιας σειράς μεγεθών συναρτήσει της άνωσης. Τα μεγέθη αυτά είναι: η ταχύτητα της πτέρυγας (*Speed*), το ύψος στο οποίο βρίσκεται η πτέρυγα (*Altitude*), η πυκνότητα του αέρα (*density*), η επιφάνεια της πτέρυγας (*Wing Area*), η γωνία που σχηματίζει με το οριζόντιο επίπεδο (*Angle*), η καμπυλότητα της πτέρυγας (*Camber*) και το πάχος της πτέρυγας (*Thickness*). Οι τρέχουσες τιμές των παραπάνω μεγεθών εμφανίζονται με ένα κόκκινο σημείο στην κάθε γραφική παράσταση. Τέλος όλες οι γραφικές παραστάσεις και των δύο ομάδων φέρουν ένα κουμπί (κάτω αριστερά) με την επιγραφή **“Rescale”** με το οποίο προσαρμόζεται η κλίμακα των γραφικών παραστάσεων στις τιμές των μεταβλητών που ενδεχομένως έχετε αλλάξει.

Με την επιλογή **“Probe”** μπορείτε να κατανοήσετε καλύτερα την ροή γύρω από την πτέρυγα. Πατώντας το κουμπί **“Velocity”** ή **“Pressure”** μπορείτε να μετρήσετε την ταχύτητα ή την πίεση σε οποιοδήποτε σημείο της ροής μετακινώντας με τις δύο μπάρες (αριστερά-δεξιά και πάνω-κάτω). Το σημείο στο οποίο μετράτε τα παραπάνω μεγέθη σημειώνεται με μια μοβ τελεία στο παράθυρο εμφάνισης. Η δε τιμή του μεγέθους εμφανίζεται με μορφή ένδειξης σε όργανο μέτρησης στο παράθυρο εξόδου. Τέλος, με το κουμπί **“Smoke”** μπορείτε να δείτε μία γραμμή ροής σε οποιοδήποτε σημείο γύρω από την πτέρυγα (αντιστοιχεί στις δέσμες καπνού που χρησιμοποιούνται σε αεροδυναμικές σύραγγες).

Με την επιλογή **“Lift Meter”** μπορείτε να δείτε σχηματικά την άνωση ή τον συντελεστή άνωσης.

Τέλος, με την επιλογή **“Performance”** μπορείτε να εκτυπώσετε μια σειρά χρήσιμων μεγεθών στο πεδίο κειμένου που εμφανίζεται στο παράθυρο εξόδου. Με το κουμπί **“Data”** θα εμφανιστεί η άνωση που παρέχει η πτέρυγα που σχεδιάσατε, καθώς και οι συνθήκες πτήσης, ενώ με το κουμπί **“Geom”** θα εμφανιστούν στοιχεία της γεωμετρίας της πτέρυγας και τοπικές τιμές της ταχύτητας και πίεσης της ροής.