



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών
Τομέας Ρευστών
Εργαστήριο Θερμικών Στροβιλομηχανών

Διδακτορική Διατριβή

**ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΑΙ ΤΙΣ ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΗΧΑΝΕΣ
ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΥΖΥΓΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ, ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΠΛΕΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΚΡΙΒΟΥΣ
ΕΣΣΙΑΝΟΥ ΜΗΤΡΩΟΥ**

Θωμάς Α. Ζερβογιάννης

Αθήνα 2011

Επιβλέπων : **Κυριάκος Χ. Γιαννάκογλου**, Καθηγητής ΕΜΠ

Περίληψη

Η διδακτορική αυτή διατριβή ασχολείται με την ανάπτυξη, τον προγραμματισμό και την εφαρμογή μεθόδων υπολογιστικής ρευστοδυναμικής που αφορούν στην πρόλεξη πεδίων ροής και στη βελτιστοποίηση αεροδυναμικών μορφών με αιτιοκρατικές μεθόδους και τη χρήση του ακριβούς εσσιανού μητρώου της συνάρτησης στόχου και των περιορισμών. Έμφαση δίνεται στον τρόπο που τα παραπάνω υλοποιούνται με ενιαία διατύπωσή σε υβριδικά 2Δ και 3Δ πλέγματα, τα οποία ως γνωστόν έχουν πλεονεκτήματα ως προς το υπολογιστικό κόστος, την πιστότητα των αποτελεσμάτων και τις απαιτήσεις σε μνήμη. Η διατριβή χωρίζεται σε δύο βασικά τμήματα. Το πρώτο καλύπτει την επίλυση του ευθέως προβλήματος (δηλαδή προβλήματος ροής) και περιλαμβάνει τη διατύπωση των εξισώσεων που μοντελοποιούν τη ροή συμπιεστών ρευστών, τη διακριτοποίησή τους σε υβριδικά πλέγματα και την αριθμητική επίλυση τους. Το δεύτερο είναι η διατύπωση του διακριτού συζυγούς προβλήματος για την εύρεση παραγώγων ευαισθησίας πρώτης και δεύτερης τάξης, καθώς και του αλγόριθμου που θα εκμεταλλευτεί τη γνώση του συζυγούς πεδίου είτε σε μεθόδους βελτιστοποίησης είτε σε μεθόδους ανάλυσης σφάλματος για την ακριβέστερη πρόλεξη συναρτησιακών με πρακτικό ενδιαφέρον.

Στο πεδίο της υπολογιστικής ρευστοδυναμικής, η παρούσα διατριβή συνεισφέρει στη διατύπωση μιας ολοκληρωμένης μεθοδολογίας για την επίλυση τυρβωδών ροών σε υβριδικά διδιάστατα και τριδιάστατα πλέγματα. Αυτό περιλαμβάνει την κατασκευή κατάλληλης δομής δεδομένων για το πλέγμα και τη μαθηματική διατύπωση του σχήματος διακριτοποίησης. Η μεθοδολογία αυτή πιστοποιείται σε ένα σύνολο 2Δ και 3Δ εφαρμογών εσωτερικής και εξωτερικής αεροδυναμικής. Στο σχήμα που παρουσιάζεται υπάρχουν καινοτομίες οι οποίες εντοπίζονται κυρίως στην παρεμβολή κομβικών μεγεθών στους όγκους ελέγχου και στον τρόπο με τον οποίο αυτά συνεισφέρουν στα διανύσματα ροής. Επιπλέον, προγραμματίστηκε μέθοδος προσαρμογής διδιάστατων υβριδικών πλεγμάτων, η οποία είτε λαμβάνει πληροφορίες από την υπό εξέλιξη λύση είτε χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τη συζυγή μέθοδο για τη μείωση του σφάλματος στον υπολογισμό συναρτησιακών όπως η άνοση, η οπισθέλκουσα ή οι απώλειες περύγωσης στροβιλομηχανής λόγω συνεκτικότητας.

Στο πεδίο της βελτιστοποίησης, η πρωτοτυπία της διδακτορικής διατριβής έγκειται στην ανάπτυξη μίας διακριτής συζυγούς μεθόδου για τον υπολογισμό των παραγώγων πρώτης και δεύτερης τάξης συναρτησιακών που καλύπτουν εφαρμογές αντίστροφου σχεδιασμού αλλά και ελαχιστοποίησης των απωλειών ολικής πίεσης πτερυγώσεων στροβιλομηχανών υπό γεωμετρικούς και ροϊκούς περιορισμούς. Το λογισμικό που προγραμματίστηκε για την υλοποίηση της μεθόδου αυτής αποφεύγει τη χρήση λογισμικού αυτόματης διαφορίσης, η οποία συνηθίζεται στη βιβλιογραφία, και ως εκ τούτου είναι πολύ αποδοτικό ως προς την ταχύτητα εκτέλεσης και τη διαχείριση μνήμης. Στο πλαίσιο της εργασίας εφαρμόστηκε μέθοδος Newton η οποία εκμεταλλεύεται τη δυνατότητα υπολογισμού του ακριβούς εσσιανού μητρώου για τον ταχύτερο υπολογισμό του ακρότατου. Επιπλέον, μελετήθηκε ο έξυπνος συνδυασμός της μεθόδου Newton με μεθόδους quasi-Newton για την ταχύτερη ολοκλήρωση των αλγόριθμων βελτιστοποίησης.

Ως προς τις συζυγείς μεθόδους, επιπλέον των μεθόδων Newton αναπτύχθηκε τεχνική a posteriori ανάλυσης σφάλματος για υβριδικά πλέγματα, η οποία συνδυάζει τη διακριτή συζυγή μέθοδο με την προσαρμογή πλέγματος, που προγραμματίστηκαν στο πλαίσιο της διατριβής, για την ακριβέστερη πρόλεξη ποσοτήτων που έχουν πρακτικό ενδιαφέρον, όπως η άνωση, οι απώλειες ολικής πίεσης ή η παραγωγή εντροπίας στο πεδίο ροής.